VOLUMEN I, MECANICA

FÍSICA PROGRAMADA

JOSEPH
Y LEAHY

AUTORES

ALEXANDER JOSEPH

Profesor de Física.
Jefe de la División de Ciencias y Matemáticas.
John Jay College of the University of the City of New York.

DANIEL J. LEAHY

Licenciado en Matemáticas.
Escuela de Estudios Generales.
Hunter College of the University of the City of New York.

FISICA PROGRAMADA

VOLUMEN I: MECANICA

FISICA PROGRAMADA

VOLUMEN I: MECANICA

Dr. Alexander Joseph

Profesor de Física
Jefe de la División de
Ciencias y Matemáticas
John Jay College of the
University of the City of New York.

Daniel J. Leahy

Licenciado en Matemáticas
Escuela de Estudios Generales
Hunter College of the University
of the City of New York.

EDITORIAL LIMUSA-WILEY, S. A.
MEXICO 1969

PROLOGO AL MAESTRO

Este libro es el primero de una serie de cinco, que constituirán el texto de un curso programado de física de un año. Los otros cuatro tratarán de la electricidad y el magnetismo, óptica y ondas, teoría cinética y termodinámica, y otros aspectos de la física moderna.

Estos libros programados están destinados principalmente para el último curso de preparatoria o para el primero de nivel profesional. Nuestra experiencia, obtenida con ensayos en las clases de The Collegiate School y otros centros de enseñanza secundaria de Nueva York y Long Island, así como en el Bronx Community College, nos permite asegurar que estos libros de nivel profesional son particularmente útiles y apropiados para estudiantes que se especializan en las humanidades o ciencias sociales. También este primer volumen ha tenido un éxito considerable entre los profesores de física y ciencias de secundaria en dos cursos de física de un año, impartidos de 1962 a 1964, en los Institutos de Física de la National Science Foundation (NSF), en el City College of New York.

En este volumen, se supone que el estudiante posee un conocimiento práctico de geometría plana y álgebra intermedia. Es útil, pero no necesario para esta parte del curso, el conocer la trigonometría simple del triángulo rectángulo. Al principio del volumen incluimos una prueba de conocimientos, y aconsejamos que los maestros sometan a los estudiantes a la misma, antes de comenzar el curso. El examen de los resultados de esta prueba revelará la necesidad que los estudiantes tienen de repasar las matemáticas.

Encarecemos también vivamente que se complemente el contenido de este libro con demostraciones y discusiones en clase, y prácticas de laboratorio, porque, aun cuando el objetivo de este texto programado es que se utilice sin necesidad de un libro de texto y con la supervisión mínima del maestro, no hay libro de física completo en sí. Llegamos a esta conclusión en virtud de pruebas prácticas, las cuales demostraron que pueden utilizarse los textos programados con gran flexibilidad. Así, nuestra MECANICA fue probada por primera vez en clase, sin ninguna otra instrucción, en el Bronx Community College. Los resultados fueron bastante satisfactorios, pero se probó de nuevo en el siguiente semestre, realizando el trabajo programado fuera de clase, con una hora de discusión en la misma, otra de prueba y dos horas semanales de prácticas de laboratorio. Finalmente,

para la última fase de prueba en la clase, se destinó una hora por cada unidad presentada, otra semanal de discusión en el aula después de utilizar la instrucción programada fuera de ésta, una hora de examen escrito y dos de laboratorio semanales. En general, fue el procedimiento que tuvo más éxito. Ni en las clases ni en las pruebas prácticas mencionadas del programa, se utilizó otro libro de texto.

Para otras pruebas prácticas en que se empleó la MECANICA en clase, sólo se necesitó una ligera supervisión y repaso. Este volumen también complementó eficazmente a un texto oficial de física, sin supervisión alguna del maestro. Pero quizá el conocimiento más eficiente que logramos con nuestras pruebas prácticas, fue cuando se empleó la MECANICA para tareas exteriores y el tiempo de clase ahorrado se dedicó a demostraciones, discusiones, repaso y proyectos de laboratorio relacionados con los conocimientos fundamentales impartidos por el texto programado.

En la selección de temas que hacemos en la MECANICA, seguimos la tendencia contemporánea de dar más importancia a la dinámica que a la estática, concretándonos a poco más que unos conocimientos elementales sobre la mecánica rotacional. Nuestro propósito general ha sido dar una idea de los conceptos fundamentales de la física sin profundizarnos en sus aplicaciones en el campo de la ingeniería. El profesor observará que no hay un capítulo sobre la teoría cinética, ya que se estudiará con todo detalle posteriormente en el curso. Sin embargo, hemos analizado minuciosamente los tipos de movimiento que se repiten constantemente en los procesos físicos, a saber: los uniformemente acelerados, los centrípetos y los armónicos simples. Nos hemos esforzado particularmente en esclarecer y relacionar los conceptos fundamentales de trabajo, energía y cantidad de movimiento.

No queremos terminar sin dar las gracias a quienes hicieron posible la redacción y publicación de este libro con su ayuda, consejo, estímulo y hasta incitación cuando hicieron falta. Es una lista larga. Entre los primeros, debemos mencionar a Charles Stoll, Elmer Craig, Warren Blaker, Robert Nassau y a Cecil Yorke, de la John Wiley and Sons. Nuestro más sincero agradecimiento a la señorita Beverly Krupinsky, que mecanografió el original y, como era la primera vez que entraba en contacto con la nomenclatura y el léxico profesional de la física, nos hizo numerosas preguntas comprometedoras y muchos comentarios valiosos en pasajes donde no nos habíamos hecho entender. Por último, quien más influyó en la preparación de este libro, fue John Gardner, estudiante de The Collegiate School, de 1959 a 1961, que nos prodigó generosamente su tiempo libre, su entusiasmo contagioso y su vibrante imaginación en la lectura y primeros borradores de la MECANICA.

ALEXANDER JOSEPH
DANIEL J. LEAHY

Nueva York
Julio, 1964

CONTENIDO

INSTRUCCIONES PARA EL ESTUDIANTE 11
PRUEBA DE CONOCIMIENTOS 13

CAPÍTULO UNO

Introducción al sistema de medición MKS 17
PROBLEMAS 27

CAPÍTULO DOS

Cinemática 29

1. Definiciones preliminares 29
2. Gráficas rapidez-tiempo del movimiento 31
3. Estimación de la distancia recorrida, por media de las gráficas rapidez-tiempo del movimiento 39
4. La gráfica distancia-tiempo 41
5. Análisis de la gráfica distancia-tiempo 52
6. Aceleración 60
7. Movimiento uniformemente acelerado 64
8. Problemas sobre movimiento uniformemente acelerado 71
   PROBLEMAS 79

CAPÍTULO TRES

Vectores, fuerzas y leyes de Newton del movimiento 81

1. Cantidades escalares y vectoriales 81
2. Notación vectorial 84
3. Sumas vectoriales en dos dimensiones 88
4. Representación gráfica de los vectores 92
5. Suma de vectores 98
6. Componentes de un vector. Componentes rectangulares 103
7. Definición de fuerza; fuerzas totales 113
8. Primera Ley de Newton del movimiento 119
9. Segunda Ley de Newton del movimiento 126
10. Unidades MKS de fuerza 135
    PROBLEMAS 150

CAPÍTULO CUATRO

Peso, campo gravitacional, caída libre 153

1. Masa gravitacional y masa inercial 153
2. Fuerza gravitacional. Peso 156
3. El peso es proporcional a la masa 159
4. La caída libre en la cercanía de la superficie de la Tierra 167
5. Análisis elemental del movimiento de un proyectil 176
6. Problemas 179

PROBLEMAS 187

CAPÍTULO CINCO

Movimiento no uniformemente acelerado 189

1. Fuerzas aplicadas en ángulo con la trayectoria 189
2. Movimiento circular con rapidez constante 197
3. Ecuaciones para la aceleración centrípeta 200
4. Fuerza centrípeta 208
5. Leyes de Kepler del movimiento planetario 214
6. Fuerzas gravitacionales 224
7. Introducción al movimiento armónico simple 238
8. Características del movimiento armónico simple 242
9. Ecuaciones generales del movimiento armónico simple 247
10. El péndulo simple 225
11. Problemas de movimiento armónimo simple 260

PROBLEMAS 266

CAPÍTULO SEIS

Impulso y cantidad de movimiento 269

1. Impulso 269
2. Cantidad de movimiento 273
3. Impulso y cantidad de movimiento 275
4. Cambios en la cantidad de movimiento, cuando dos masas en reposo interaccionan 284
5. Cambios en la cantidad de movimiento, cuando interaccionan dos masas iguales en un choque frontal 289
6. Cambios en la cantidad de movimiento, cuando interaccionan masas iguales en un choque lateral 293
7. Interacción entre masas desiguales en movimiento 296
8. Problemas de impulso, cantidad de movimiento y conservación de la cantidad de movimiento. Repaso 302

PROBLEMAS 312

CAPÍTULO SIETE

Trabajo 315

1. Definición de trabajo 315
2. MKS: Unidades de trabajo; julios, ergios 321
3. Fuerzas que producen un cambio en la velocidad, pero no trabajan 322
4. Trabajo realizado, por fuerzas no uniformes (variables) 326
5. Definición general del trabajo como producto escalar de vectores 330
6. Problemas y repaso 334
   PROBLEMAS 336

CAPÍTULO OCHO

Energía cinética y energía potencial 339

1. Trabajo realizado cuando una fuerza total cambia la rapidez de un objeto 339
2. Energía potencial de posición 346
3. Energía mecánica 351
4. Interpretación de la energía potencial negativa 355
5. La conservación de la energía en la solución de problemas de movimiento 358
6. Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética 364
7. Análisis matemático de las interacciones elásticas 367
8. El péndulo balístico 374
9. Problemas sobre otras interacciones inelásticas 380
   PROBLEMAS 382

INSTRUCCIONES PARA EL ESTUDIANTE

Probablemente sea este libro muy diferente a cualquier texto que usted haya usado anteriormente. Este es un curso de física programado linealmente. Esto significa 1) que las materias que trata un curso convencional de introducción a la física han sido analizadas en una serie de pasos cortos y sencillos; y 2) que estos pasos están presentados en la forma que se ha encontrado ser la más conducente a un aprendizaje efectivo.

Se presenta cada paso en un espacio llamado marco.* Cada marco representa una cierta cantidad de información; en seguida plantea una pregunta a un problema para que el estudiante conteste o resuelva, como una verificación de su comprensión y progreso antes de proseguir en el programa. Usted escribirá sus respuestas a estas preguntas, ya sea en el espacio suministrado en el marco para ello o en una hoja de respuestas por separado, según se lo indique su maestro.

Cuando usted haya escrito su respuesta, podrá verificar su validez al pasar al siguiente marco. La respuesta (o respuestas) a cada marco se encuentra(n) dentro de paréntesis angulares [ ] antes del principio del siguiente marco. Por ejemplo:

1. El metro es una unidad de longitud que contiene *39.37 pulgadas*. Una longitud de dos metros contiene ..... pulgadas.

[78.74]

2. El metro es una unidad empleada para medir (peso/longitud/tiempo) y equivale a ..... pulgadas.

[longitud; 39.37]

3. Un metro se divide en 100 partes iguales llamadas centímetros.
1 metro = 100 .....
1 metro = ... pulgadas.

[centímetros; 39.37]

Se suministra una cubierta para que usted pueda ocultar la respuesta al marco en que esté trabajando y las de todos los marcos subsecuentes de

* También se le llama *cuadro*.

una página, hasta que haya escrito su respuesta y esté listo para verificarla, moviendo la cubierta hacia abajo para descubrir las respuestas correctas dentro de los paréntesis angulares.

Los *paneles* a que se hace referencia están al final del libro y se pueden desdoblar para una referencia fácil cuando el estudiante esté trabajando en ellos.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

Ponga en la hoja de respuestas que se le entregó, el número que corresponda a la respuesta correcta a cada uno de los siguientes párrafos. Si ninguna de las opciones dadas aquí es correcta, ponga un "0" en el espacio correspondiente en su hoja de respuestas.

1. Despeje h en la ecuación $K = \frac{1}{2}bh$. h es igual a:

(1) $\frac{bK}{2}$ (2) $\frac{2b}{K}$ (3) $\frac{K}{2}$ (4) $\frac{2K}{b}$ (5) $\frac{b}{2K}$.

2. 90 kilómetros por hora equivalen a:

(1) 90 (2) 25 (3) 45 (4) 180 (5) 60 m/seg.

(recuerde que un kilómetro tiene 1000 metros)

3. El radio de un círculo es R. Su circunferencia es:

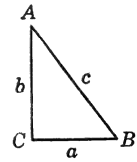
(1) πR^2 (2) πR (3) $2\pi R$ (4) R^2 (5) $4\pi R^2$.

4. Los catetos de un triángulo rectángulo miden 5 m y 12 m. La longitud de su hipotenusa es:

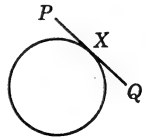
(1) 17 (2) 7 (3) 13 (4) 25 (5) 100 metros.

5. El ángulo C del triángulo ABC es recto. El coseno de B es:

(1) $\frac{b}{a}$ (2) $\frac{a}{c}$ (3) $\frac{b}{c}$ (4) $\frac{a}{b}$ (5) $\frac{c}{a}$.



6. La línea PQ toca al círculo en el punto X. PQ se llama (1) secante; (2) cuerda; (3) radio; (4) diámetro; (5) tangente.



7. Los lados de un rectángulo miden 3 m y 10 m. Su área es:
(1) 13 (2) 26 (3) 30 (4) 300 (5) 15 metros cuadrados.

8. Los catetos de un triángulo rectángulo miden 2 m y 6 m. Su área es:

(1) 12 (2) 24 (3) 6 (4) 36 (5) 3 metros cuadrados.

9. La notación científica, 93,000,000 se escribe:

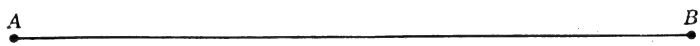
(1) 9.3; (2) 9.3×10; (3) 9.3×10^7; (4) noventa y tres millones; (5) 9.3×10^{-7}.

10. El producto de 10^{-4} por 10^{-3} es:

(1) 10^{12} (2) 10^{-12} (3) 10^7 (4) 10^{-7} (5) 10.

11. Si hacemos que 1 centímetro represente 2 kilómetros, la línea AB representa:

(1) 4 (2) 18 (3) 2 (4) 9 (5) 36 kilómetros.



12. La arista de un cubo mide 4 cm. Su volumen es:

(1) 16 (2) 12 (3) 24 (4) 64 (5) 128 cm cúbicos.

13. Despeje x en la ecuación: $12x - (4x - 6) = 3x - (9x - 27)$. x es igual a:

(1) $\frac{3}{2}$ (2) $\frac{2}{3}$ (3) 0.5 (4) 24 (5) 10.

14. Dado: $\frac{mv^2}{R} = \frac{e^2}{R^2}$, despeje mv^2. mv^2 es igual a:

(1) $\frac{e}{R}$ (2) $-\frac{e}{R}$ (3) $\frac{e^2}{R}$ (4) $\frac{e^2}{R^3}$ (5) $-\frac{e^2}{R}$.

15. Despeje x y y en: $\begin{cases} x + y = 10 \\ x - y = -8 \end{cases}$

(1) $x = 9,\ y = 1$ (2) $x = 2,\ y = 7$ (3) $x = 1,\ y = 9$
(4) $x = 0,\ y = 7$ (5) $x = \frac{3}{2};\ y = \frac{6}{7}$.

16. Calcule N, si $N = \frac{(2 \times 10^4)(3 \times 10^{-12})}{10^{-6}}$. N es igual a:

(1) 6×10^{-22} (2) 6×10^{-2} (3) 6×10^5 (4) 6×10^2 (5) 6.

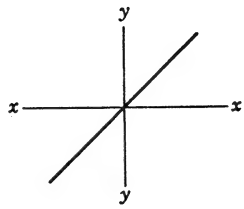
17. $\sqrt{81x^4y^{10}}$ es igual a:

(1) $9xy^2$ (2) $3x^2y^5$ (3) $9x^4y^{10}$ (4) $9x^2y^5$ (5) $27(xy)^7$.

18. Y es inversamente proporcional a X. Y vale 28 cuando X vale 9. Cuando $Y = 42$, X es igual a:

(1) 13.5 (2) 6 (3) 14 (4) 49 (5) 12.

19. Esta gráfica muestra que x y y son: (1) inversamente; (2) directamente; (3) conjuntamente proporcionales una a la otra.



20. P es directamente proporcional a T. $P = 10$ cuando $T = 8$. Cuando $T = 36$, P es igual a:

(1) 32 (2) 45 (3) 12 (4) 40 (5) 64.

21. $x^2 + 5x + 6 = 0$. x es igual a:

(1) -2 ó -3 (2) 5 ó 1 (3) 2 ó 3 (4) -1 ó -5 (5) 7 ó -1.

22. $\sqrt{242.75}$ es:

(1) 13 (2) 15.9 (3) 15.6 (4) 15.2 (5) 15.0.

23. Si $w = \frac{mv^2}{2} + U$, y $U = -\frac{e^2}{R}$, y $\frac{mv^2}{R} = \frac{e^2}{R^2}$, entonces, en términos de e y R, w es igual a:

(1) $-\frac{e^2}{R}$ (2) $\frac{e^2}{2R}$ (3) $-\frac{e^2}{2R}$ (4) $\frac{e^2}{R^2}$ (5) $\frac{e}{R}$.

24. $(\frac{2}{3} + \frac{3}{5})$ es igual a:

(1) $\frac{6}{8}$ (2) $\frac{3}{4}$ (3) $\frac{2}{5}$ (4) $\frac{19}{15}$ (5) $\frac{5}{8}$.

25. $d = \frac{M}{V}$, en la cual d es una densidad, V es un volumen y M es una masa. La ecuación nos dice que: (1) la densidad es directamente proporcional tanto a la masa como al volumen; (2) el volumen es directamente proporcional a la masa y a la densidad; (3) la masa y la densidad son inversamente proporcionales; (4) el volumen y la densidad son directamente proporcionales; (5) la densidad y el volumen son inversamente proporcionales. Es decir, que no tienen punto de comparación.

CAPITULO 1

INTRODUCCION AL SISTEMA DE MEDICION M K S

1. Si le pido que mida el ancho de esta página, probablemente usted tome una regla y cuente la cantidad de ciertas unidades de medida que contiene (por ejemplo, pulgadas). Una forma de ..... una cantidad física es ..... el número de veces que una ..... de medida está contenida en ella.

[medir; contar; unidad]

2. El segundo (es/no es) una unidad para medir el tiempo.

[es]

3. Existen diversos sistemas de medida usados actualmente en la ciencia y en la ingeniería. Unidades como el pie, pulgada, libra, etc., son parte del sistema de medición inglés, que la mayoría de ustedes han usado por muchos años. La milla (es/no es) una unidad del sistema inglés.

[es]

4. En este curso usaremos el sistema de medida M K S. En este sistema:

el metro es una unidad de longitud,

el kilogramo es una unidad de masa,

el segundo es una unidad de tiempo.

La pulgada (es/no es) una unidad de medida en el sistema M K S.

[no es]

5. La longitud y el tiempo son cantidades físicas que usted conoce bien. En un capítulo posterior estudiaremos en detalle la *masa*. Por ahora, la definiremos solamente como "la resistencia que un objeto ofrece a un cambio en su forma de moverse". El ..... gramo es unidad usada para medir ..... en el sistema .....

[kilo(gramo); masa; M K S]

6. Por convenio internacional, el metro es una unidad de longitud, equivalente a 39.37 pulgadas. Es aproximadamente tres pulgadas más largo que ..... pies.

[tres]

7. Nosotros abreviamos "metro" o "metros" con la letra "m". Por lo tanto:

1 ..... = 39.37 pulgadas

393.7 pulgadas = ... m

[m; 10]

8. El metro tiene ..... pulgadas. Muchas longitudes que deseamos medir son más pequeñas que éste. Cuando dividimos un metro en cien partes iguales obtenemos una unidad de esta longitud (.....), a la cual llamamos *centímetro* (cm).

1 m = ... cm

[39.37; 100]

9. *A* ..... *B*

El segmento *AB* tiene 1 ..... de longitud. Es ..... (fracción o decimal) de metro.

[cm; 0.01 ó 1/100]

10. Para medidas mucho mayores que 1 metro, empleamos el kilómetro (km). El prefijo *kilo* significa 1000.

1 km = ... m

[1000]

11. 1 m = ... cm

1 cm = ... m

1 km = ... m

1 m = ... km

[100; 0.01 ó 1/100; 1000; 0.001 ó 1/1000]

12. 1 km = ... cm

[1 km = 1000 m; 1 m = 100 cm; 1 km = (1000 × 100) cm = 100,000 cm]

13. El metro, el centímetro y el kilómetro son unidades empleadas para medir ..... en el sistema .....

1000 m = 1 .....
1 m = 100 .....
0.01 m = 1 .....

[longitudes; M K S; km; cm; cm]

14. Algunas veces es necesario convertir una medida hecha en el sistema MKS, a una equivalente en el sistema inglés. Por convenio internacional:

1 m = ... pulgadas

[39.37]

15. 39.37 pulgadas = 1 m
39.37 pulgadas = ... cm

[100]

16.

$$\frac{\text{(1 pulgada)}}{\text{(1 cm)}}$$

¿Cuántos centímetros cree usted que hay en una pulgada?

[$2\frac{1}{2}$ es una buena aproximación]

17. Podemos calcular el número de centímetros que hay en una pulgada, como sigue: 39.37 pulg = 100 cm. Divida ambos miembros entre 39.37, y por lo tanto ..... pulg = ... cm (*dé su respuesta con dos decimales.*)

[1; 2.54]

18. 1 pulg = 2.54 cm
3 pulg = ... cm

[7.62 cm]

19. 2.54 cm = 1 pulg
1 cm = ... (*fracción*) pulg

$$\left[\frac{1}{2.54}\right]$$

20. "30 pulgadas" es una medida hecha en el sistema ..... Su equivalencia en el sistema MKS es ..... m

[inglés; $30 \times 2.54 = 76.2$ cm ó 0.762 m]

21. 1 cm $= \frac{1}{2.54}$ pulg

254 cm = ... pulg

[254 cm $= 254 \times \frac{1}{2.54}$ pulg; 254 cm = 100 pulg]

22. ".508 m" es una medida hecha en el sistema ..... Su equivalente en el sistema inglés es ..... pulgadas.

[MKS; $50.8 \times \frac{1}{2.54} = 20$]

23. 1 m = ... pulg
1000 m = ... pulg

[39.37; 39,370]

24. 1 km = ... pulg

[39,370]

25. 1 milla = 5280 pies.
1 milla = ... pulg

[$12 \times 5280 = 63{,}360$]

26. 1 milla = 63,360 pulg
1 km = 39,370 pulg

¿Cuántos kilómetros hay en una milla? (*Con 1 decimal de aproximación.*)

[$\frac{63{,}360}{39{,}370} = 1.6$ km]

27. ¿Cuántas millas hay en 1 kilómetro? (*Dé su respuesta con 1 decimal de aproximación.*)

[$\frac{39{,}370}{63{,}360} = 0.6$ millas]

28. Complete esta tabla de conversión:

1 m = ... pulg
1 km = ... millas.
..... cm = 1 pulgada.
..... km = 1 milla.

[39.37; 0.6; 2.54; 1.6]

29. _____La longitud de esta línea está aproximadamente entre .... cm y .... cm. En su regla, cada centímetro está dividido en 10 partes iguales llamadas *milímetros* (mm).

Esta línea tiene _____ cm, más ..... mm de largo.

[2; 3; 2; 6]

30. 1 cm = ... mm

1 mm = ... cm

[10; 0.1 ó $\frac{1}{10}$]

31. 6 mm = ... cm

[1 mm = 0.1 cm; por lo tanto, 6 mm = 0.6 cm]

32. *A* _____ *B*

Mida *AB*.

AB = ... cm + ... mm

[7; 4]

33. 7 cm + 4 mm = 7 cm + ... cm = ... cm

[0.4; 7.4]

34. _____

La longitud de esta línea es ..... cm

[3.3]

35. 1 cm = ... m

14 cm = ... m

[0.01; 0.14]

36. 5 m + 86 cm = ... m

[5 m + 86 cm = 5 m + 0.86 m = 5.86 m]

37. 13 m + 6 cm = ... cm

13 m + 6 cm = ... m

[13 m + 6 cm = 1300 cm + 6 cm = **1306** cm
13 m + 6 cm = 13 m + 0.06 m = **13.06** m]

38. 1 pulg = ... cm

1 m = ... pulg

1 m = ... cm

1 mm = ... cm

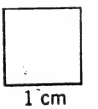
305 cm = ... m

[2.54; 39.37; 100; 0.1 ó $\frac{1}{10}$; 3.05]

39. El metro cuadrado (m^2) es una unidad MKS de área. Es un cuadrado cuyos lados tienen una longitud de 1 .....

[m]

40. El m^2 es una unidad de área muy grande (aproximadamente 9 pies cuadrados). Con frecuencia es más conveniente usar una unidad más pequeña, como el centímetro cuadrado (cm^2). El área del cuadrado mostrado aquí es .....



[1 cm^2]

41. 1 m = 100 cm

1 m^2 = ... cm^2

[1 m^2 = (100 cm)^2; 1 m^2 = **10,000** cm^2]

42. 1 cm^2 = ... m^2

[$\frac{1}{10{,}000}$ ó 10^{-4} ó 0.0001]

43. 15 m^2 = ... cm^2

[1 m^2 = 10,000 cm^2

15 m^2 = **150,000** cm^2]

44. 15 cm^2 = ... m^2

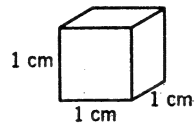
[1 cm^2 = 0.0001 m^2; 15 cm^2 = 0.0015 m^2]

45. El metro cúbico es una unidad MKS empleada para medir volumen. es un cubo cuya arista mide 1 m. ¿Cómo cree usted que se abrevie "metro cúbico"?

[m^3 (seguimos el ejemplo de "m" para metro y "m^2" para metro cuadrado.)]

46. Una unidad más pequeña y útil (mostrada aquí) empleada para medir volumen, es el centímetro ....., que se abrevia así: .....

[cúbico; cm^3]



47. 1 m = 100 cm

1 m^3 = ... cm^3

[1 m^3 = (100 cm)^3; 1 m^3 = **1,000,000** cm^3 ó 10^6 cm^3]

48. 1 cm^3 = ... m^3

[$\frac{1}{1{,}000{,}000}$ ó 10^{-6} ó 0.000001]

49. 50 cm^3 = (*a*) ..... m^3

50 m^3 = (*b*) ..... cm^3

[(*a*) 1 cm^3 = 10^{-6} m^3; 50 cm^3 = **50 × 10^{-6}** m^3 ó **5 × 10^{-5}** m^3

(*b*) 1 m^3 = 10^6 cm^3; 50 m^3 = 50 × 10^6 cm^3 ó 5 × 10^7 cm^3]

50. La unidad de área en el sistema MKS es el metro .....

1 m^2 = 10^4 .....

La unidad de volumen en el sistema MKS es el metro .....

1 m^3 = 10^6 .....

[cuadrado; cm^2; cúbico; cm^3]

51. En el sistema MKS, el ..... gramo es una unidad de .....

[kilogramo; masa]

52. Una masa de un kilogramo (kg) peso aproximadamente 2.2 libras en la superficie de la Tierra o cerca a ella.

1 .... = 2.2 libras masa.

[kg]

53. Muchas medidas de masa, especialmente aquéllas relacionadas con partículas moleculares o atómicas, son mucho (más pequeñas/mayores) que 1 kg. Nosotros dividimos 1 kg masa en 1000 partes iguales y llamamos a cada una de ellas gramo (g).

1 kg = ... libras masa

1 kg = ... g

[más pequeñas; 2.2; 1000]

54. 1 ..... = 0.001 kg (ó $\frac{1}{1000}$ kg).

[g ó gramo]

55. 2.2 libras masa = ... g

[2.2 libras masa = 1 kg; 2.2 libras masa = **1000** g]

56. El metro y el kilogramo son unidades de ..... y de ..... respectivamente en el sistema ..... Escriba *dos* ecuaciones que nos permitan convertir medidas en estas unidades, a unidades del sistema inglés.

[longitud; masa; MKS; ***en cualquier orden***: 1 pulg = 2.54 cm; ó 1 m = 39.37 pulg; 2.2 libras masa = 1 kg]

57. 2.2 libras masa = ... g

1 libra masa = ... g

(Conteste dando el valor entero más cercano.)

[1000; 1 libra masa = $\frac{1000}{2.2}$ g; 1 libra masa = **454** g]

58. 50 kg = (*a*) ..... libras masa.

681 g = (*b*) ..... libras masa.

[(*a*) 50 kg = 50 × 2.2 libras masa = 110 libras masa

(*b*) 1 libra masa = 454 g; 1 g = $\frac{1}{454}$ libras masa;
681 g = 681 × $\frac{1}{454}$ libras masa = 1.5 libras masa]

59. La masa de un electrón es aproximadamente 9×10^{-31} kg. ¿Cuánto es en libras masa? ..... libras masa.

[9×10^{-31} kg = $9 \times 10^{-31} \times 2.2$ libras masa = 19.8×10^{-31} libras masa; o bien 1.98×10^{-30} libras masa]

60. La masa de un protón es 1.67×10^{-24} g. ¿Cuál es esta masa en kg? ..... kg.

[1 g = 10^{-3} kg
1.67×10^{-24} g = $1.67 \times 10^{-24} \times 10^{-3}$ kg = $\mathbf{1.67 \times 10^{-27}}$ **kg**]

61. El radio de la Tierra es aproximadamente 6.37×10^{6} m. ¿Cuánto es esto en km? ..... km.

[1 m = 10^{-3} km
6.37×10^{6} m = $6.37 \times 10^{6} \times 10^{-3}$ km = $\mathbf{6.37 \times 10^{3}}$ **km**]

62. El radio de la Tierra es aproximadamente de 6.37×10^3 km. ¿Cuál es su radio en millas? .....

[1 km = 0.6 millas
6.37×10^3 km $= 6.37 \times 10^3 \times 0.6$ millas $= \mathbf{4 \times 10^3}$ **ó 4000 millas**]

63. La distancia promedio entre los centros de la Tierra y la Luna es 3.84×10^5 km. Diga cuál es la distancia medida en:

metros: (*a*) .....

millas: (*b*) .....

[(*a*) 1 km $= 10^3$ m
3.84×10^5 km $= 3.84 \times 10^5 \times 10^3$ m $= \mathbf{3.84 \times 10^8}$ **m**
(*b*) 1 km = 0.6 millas
3.84×10^5 km $= 3.84 \times 10^5 \times 0.6$ millas $= \mathbf{2.3 \times 10^5}$ **millas**]

64. La masa de la Tierra es 5.98×10^{24} kg. ¿Cuál es la masa de la Tierra en libras? (*a*) .....

¿en gramos? (*b*) .....

[(*a*) 1 kg = 2.2 libras masa
5.98×10^{24} kg $= 5.98 \times 10^{24} \times 2.2$ libras masa $= 13.2 \times 10^{24}$ libras masa.
(*b*) 1 kg $= 10^3$ g
5.98×10^{24} kg $= 5.98 \times 10^{24} \times 10^3$ g $= \mathbf{5.98 \times 10^{27}}$ **g**]

65. Complete la siguiente tabla de conversión:

..... libras masa = 1 kg

1 libra masa = ... g

1 libra masa = ... kg

[2.2; 454; 0.454]

66. El tiempo promedio que toma al Sol moverse de su posición de mediodía en un día, a esa misma posición en el día siguiente, se llama *día solar medio*. Dividimos el día solar medio en 86,400 partes iguales y obtenemos la unidad usada para medir ..... en el sistema MKS. Esta unidad se llama .....

[tiempo; segundo]

67. El segundo es $\frac{1}{86{,}400}$ de un ....

[día solar medio]

68. Definimos el segundo como ..... de un día solar medio.

$[\frac{1}{86{,}400}]$

69. Las otras unidades de tiempo usadas con frecuencia en el sistema MKS son el minuto (min) y la hora (h).

1 min = ... seg

1 h = ... seg

[60; 3600]

70. El metro, el kilogramo y el segundo se usan para medir las cantidades físicas: ....., ... y ..... respectivamente.

[longitud; masa; tiempo]

71. En este capítulo hemos discutido cuatro diferentes unidades del sistema MKS para medir longitudes.

Estas son: el ....., el ....., el ..... y el .....

[*En cualquier orden:* kilómetro; metro; centímetro; milímetro]

72. Estas unidades de longitud se relacionan mutuamente como sigue:

1 m = ... cm

1 m = ... mm

1 km = ... m

1 cm = ... m

1 cm = ... mm

1 mm = ... cm

[100; 1000; 1000; 0.01; 10; 0.1]

73. También hemos introducido dos unidades del sistema MKS para medir masa. Estas son el ..... y el .....

[*En cualquier orden:* kilogramo; gramo]

74. 1 g = ... kg

1 kg = ... g

[0.001; 1000]

75. También hemos explicado cómo convertir de un sistema a otro las medidas. Complete la siguiente tabla de conversión:

1 m = ... pulg

1 pulg = ... cm

1 km = ... millas

1 milla = ... km

1 libra masa = ... g

1 kg = ... libras masa

[39.37; 2.54; 0.6; 1.6; 454; 2.2]

PROBLEMAS

1. Convierta 25.0 pulg a: (*a*) centímetros; (*b*) metros; (*c*) milímetros.
2. Convierta 34.0 pies a: (*a*) metros, (*b*) centímetros; (*c*) kilómetros.
3. Convierta 6.4×10^6 metros a: (*a*) kilómetros; (*b*) centímetros; (*c*) millas.
4. Convierta 4.2×10^{-10} metros cúbicos, a centímetros cúbicos.
5. Calcule el número de segundos de un año de 365 días.
6. La distancia entre la Tierra y la Luna es de aproximadamente 240,000 millas. ¿Cuál es esta distancia, medida en: (*a*) kilómetros; (*b*) metros?
7. El radio de Júpiter es 7.2×10^7 metros. ¿Cuál es esta medida en: (*a*) kilómetros; (*b*) millas?
8. La masa de Marte es 6.4×10^{23} kg. (*a*) ¿Cuál es su masa en gramos?; (*b*) ¿Cuál es su "peso" expresado en libras?
9. La masa de Júpiter es 1.9×10^{27} kg. ¿Cuál es en gramos?
10. La masa de un electrón es 9.1×10^{-31} kg. ¿Cuál es en gramos?
11. La masa de un protón es 1.67×10^{-24} g. ¿Cuál es en kilogramos?
12. El radio de la Tierra es 6.4×10^6 metros. Calcule el volumen de la misma en: (*a*) metros cúbicos y (*b*) centímetros cúbicos, suponiendo que es una esfera y sabiendo que el volumen de una esfera es $\frac{4}{3}\pi r^3$.
13. La densidad de un objeto es la relación de su masa a su volumen. La masa de la Tierra es 6.0×10^{24} kg. Usando las respuestas del problema 12, encuentre la densidad de la Tierra en: (*a*) kg/m^3; (*b*) kg/cm^3; (*c*) gramos/metro^3; (*d*) gramos/cm^3.
14. La masa de Marte es 6.4×10^{23} kg; su radio es 3.4×10^6 metros. Calcule la densidad de Marte en: (*a*) gramos/cm^3 y (*b*) kg/metro^3. Vea el problema 13 para la fórmula de la densidad.

CAPITULO 2

CINEMATICA

Sección 1. Definiciones preliminares: Movimiento, Rapidez, Cinemática. Ecuación general de la rapidez

1. Una partícula en movimiento tiene rapidez, masa y volumen; a veces está siendo jalada y empujada por una fuerza. Definimos el movimiento como un cambio continuo de posición. El estudio del movimiento de una partícula implica, por lo menos, una descripción de cómo cambia de una ..... a otra.

[posición]

2. La cinemática es el estudio de cómo tiene lugar un cambio continuo de posición. En este estudio entran principalmente tres cantidades físicas: (1) la *distancia* entre dos posiciones, (2) la rapidez, es decir, qué tan aprisa tiene lugar un ..... de ..... continuo, y (3) el tiempo empleado en ir de una ..... a otra.

[cambio (de) posición; posición, ubicación]

3. Una descripción completa de una partícula en movimiento comprendería su masa, su dirección, su rapidez, distancia recorrida, tiempo, fuerza produciendo un cambio en la rapidez, etc. De los factores anteriores, ¿cuáles son los tres que estudiamos en cinemática?

[la radipez, la distancia y el tiempo]

4. La rama de la física que describe el movimiento con respecto a la rapidez, el tiempo y la distancia, se llama .....

[cinemática]

5. La cinemática (está/no está) interesada en la masa de una partícula en movimiento.

[no está]

6. La cinemática (está/no está) interesada en fuerzas.

[no está]

7. Describimos el movimiento de una posición a otra en términos de la ..... recorrida y del ..... empleado en ello.

[distancia; tiempo]

8. Definimos la rapidez como la magnitud del cambio de posición por unidad de tiempo. La magnitud del cambio de posición se mide en unidades de .....

[longitud, distancia]

9. Generalmente, la palabra "sobre" indica división. Por ejemplo, "masa sobre unidad de volumen" significa "masa ..... entre volumen".

[dividida]

10. Definimos la ..... como la magnitud del cambio de posición por unidad de tiempo. ¿Qué operación indica *sobre* en matemáticas? .....

[velocidad; división]

11. La definición de la rapidez nos da un método para medirla. En efecto, ... la magnitud del cambio en posición (es decir, la ..... recorrida) entre el ..... empleado para que el cambio tenga lugar.

[dividimos; distancia; tiempo]

12. Unidades de rapidez $= \dfrac{\text{unidades de .....}}{\text{unidades de .....}}$

$\left[\dfrac{\text{distancia, longitud}}{\text{tiempo}}\right]$

13. Los metros son unidades de .....

Los segundos son unidades de .....

Los metros por segundo (m/s) son unidades de .....

[longitud, distancia; tiempo; rapidez]

14. Km/h es una unidad de .....

[rapidez]

15. Siendo: v = rapidez; d = distancia; t = tiempo, entonces: $v =$ .....

[d/t]

16. "$v = d/t$" es una definición matemática de la rapidez En palabras, define a la rapidez como .....

[La cantidad de cambio de posición por unidad de tiempo, o la distancia recorrida por unidad de tiempo]

17. Aquella rama de la física que trata de las relaciones entre las cantidades físicas distancia, tiempo y rapidez, se llama ..... Es la ciencia del movimiento, y definimos el movimiento como .... (*complete esta oración*).

[cinemática; un cambio continuo de posición]

18. Definimos la rapidez como ..... y expresamos matemáticamente esta definición como ..... (Use d, v y t como anteriormente).

[La magnitud del cambio en posición por unidad de tiempo; $v = d/t$]

19. De las unidades que siguen, identifique por letra las que son de rapidez.

a) pies/h
b) m^3/seg
c) cm^2/h
d) cm/seg
e) min/cm
f) km/semana

[*a, d, f*]

Sección 2. Gráfica rapidez-tiempo del movimiento. Cálculo de la distancia, por medio de la gráfica rapidez-tiempo del movimiento

1. Véase el panel 1. La letra que está en la esquina superior derecha es una .....

[W]

2. Panel 1, Fig. 1. Ahora estudiaremos movimientos particulares analizando sus gráficas. La línea *DN* es una gráfica de la rapidez registrada contra el tiempo. Las unidades de rapidez usadas son ..... Las unidades de tiempo usadas son ....

[km/h; h]

3. Panel 1. Las gráficas dibujadas en este panel se llaman gráficas rapidez-tiempo. Nos dan valores de ..... indicados contra valores de .....

[*En cualquier orden:* rapidez; tiempo]

4. De las tres cantidades físicas comprendidas en todo estudio del movimiento, la gráfica rapidez-tiempo relaciona a dos de ellas directamente. La cantidad no mostrada directamente es la .....

[distancia, longitud]

5. Panel 1. La figura 1 muestra que a 0.2 h la rapidez es de .....

[25 km/h]

6. Panel 1, Fig. 1. Esta gráfica ilustra que en cualquier tiempo la rapidez es de .....

[25 km/h]

7. Panel 1. Cuando una gráfica rapidez-tiempo muestra que la velocidad no cambia con el tiempo, se dice que es una gráfica de rapidez *uniforme* o *constante*. La figura 1 (es/no es) una gráfica de rapidez uniforme o constante.

[es]

8. Panel 1. Examine la Fig. 2:

A 0.2 h la rapidez es de .....

A 0.7 h la rapidez es de .....

La figura 2 *no es* una gráfica de rapidez ..... o .....

[35 km/h; 45 km/h; *en cualquier orden:* uniforme; constante]

9. Panel 1. $v = d/t$

Esta ecuación contiene las tres variables incluidas en cualquier estudio del movimiento. Las variables cuyos valores están registrados en la Fig. 1 son .... y .... La variable no representada es ....

[v, t; d]

10. $v = d/t$

Multiplicando ambos miembros por t, vemos que $d =$ .....

[vt]

11. $d = vt$.

Si podemos representar el producto vt en una gráfica rapidez-tiempo, habremos encontrado una forma de representar la ..... en una gráfica rapidez-tiempo del movimiento.

[distancia]

12. Nuestro problema, entonces, será el de encontrar alguna forma de representar el producto ..... en una gráfica ..... del movimiento.

[vt; rapidez-tiempo]

13. Panel 1, Fig. 1. Tratemos de representar la distancia (d) recorrida en la primera 0.2 h. Podemos calcular esta distancia como sigue:

$d = vt$

$d =$ ..... km/h $\times$ ..... h

[25; 0.2]

14. Panel 1, Fig. 1. $d = 25$ kg/h $\times$ 0.2 h.
Es muy fácil encontrar el valor de este producto, pero veamos cómo podemos representarlo *gráficamente*. En la gráfica, 25 km/h está representada por el segmento de línea (AD); 0.2 h está representado por el segmento de línea .....

[(AB) o (DC)] (en los siguientes marcos usaremos AB.)

15. Panel 1, Fig. 1. Usando segmentos de línea en vez de mediciones, la distancia recorrida en la primera 0.2 h está dada por la ecuación:

$d =$ (.....) $\times$ (.....)

[*En cualquier orden:* AD; AB]

16. Panel 1, Fig. 1. Examine la figura $ABCD$. Geométricamente esta figura se llama .....

[rectángulo]

17. Panel 1, Fig. 1. El área de un rectángulo es el ..... de su base por su altura. Si AB es la base de $ABCD$, entonces AD es la ....., y el área de $ABCD =$ ..... $\times$ .....

[producto; altura; $AB \times AD$]

18. Panel 1, Fig. 1. $d = AB \times AD$;
área de $ABCD = AB \times AD$

La distancia recorrida en la primera 0.2 h está representada gráficamente por el ..... de .....

[área; *ABCD*]

19. Panel 1, Fig. 1. El área de *ABCD* es una representación ..... de la ..... recorrida en el intervalo de tiempo que va de 0.00 a .... h.

[gráfica; distancia; 0.2]

20. Panel 1, Fig. 1. El intervalo de tiempo entre 0.2 h y 0.7 h está representado por ..... La rapidez durante este intervalo de tiempo está representada gráficamente por .....

[*BE* o *CF*; *BC* o *EF*] (Usaremos *BE* y *BC* en los siguientes marcos.)

21. Panel 1, Fig. 1. La distancia recorrida en el intervalo de 0.2 h a 0.7 h está representada gráficamente por .....

[el área del rectángulo *BEFC*]

22. Panel 1, Fig. 1. *Gráficamente*, la distancia recorrida en el intervalo de tiempo de 0.0 h a 0.7 h está representada por .....

[el área de *AEFD*]

23. Panel 1, examine la Fig. 2. Durante el intervalo de tiempo de 0.0 h a 0.1 h la rapidez es de ..... km/h.

[10]

24. Panel 1, Fig. 2. Durante el intervalo de tiempo de .... h a .... h, la rapidez es de 45 km/h.

[0.5; 1.0]

25. Panel 1, Fig. 1. Describa el resto de esta gráfica en términos del intervalo de tiempo y la rapidez durante ese intervalo.

[La parte del movimiento no descrita aún está entre 0.4 h y 0.5 h, durante el cual la rapidez es de 5 km/h, y entre 1.0 h y 1.3 h, durante el cual la rapidez es de 15 km/h]

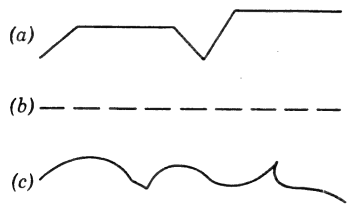
26. Panel 1, Fig. 1. La rapidez descrita en la Fig. 2 *varía* o cambia, de un ..... de ..... al siguiente. Por esta razón decimos que es una gráfica de .... o no uniforme.

[intervalo; tiempo; rapidez variable]

27. Panel 1, Fig. 2. En el intervalo de 0.2 h a 0.1 h, la velocidad es .... o ..... Sin embargo, la rapidez va cambiando en los intervalos de tiempo posteriores. La gráfica, *en conjunto,* describe una rapidez ..... o .....

[*En cualquier orden:* constante, uniforme;
también en cualquier orden: variable, no uniforme]

28. En este curso definiremos a una línea quebrada como una sucesión de líneas rectas. ¿Cuál de éstas es una línea quebrada?



[(*a*)]

29. Panel 1, Fig. 2. La línea *ABCDEFGHIJ* es una línea ..... en la gráfica rapidez-tiempo del movimiento. Describe un movimiento en el cual la rapidez es ..... dentro de ciertos intervalos de tiempo, pero es ..... de un intervalo al siguiente.

[quebrada; uniforme (constante); no uniforme, variable]

30. Panel 1. Examine la Fig. 3. En el intervalo de tiempo de 0.00 h a 0.02 h la rapidez cambia, de ..... a ..... km/h.

[20; 40]

31. Panel 1, Fig. 3. En el intervalo de tiempo de 0.00 h a 0.02 h, la rapidez ..... continuamente de un instante a otro (de un punto a otro) y, por lo tanto, es ..... o ..... en este intervalo.

[cambia, varía; *en cualquier orden:* no uniforme, variable]

32. Panel 1. Hemos visto dos casos en los que la rapidez puede llamarse variable: (1) En la Fig. 2 la rapidez cambia de un ..... de .... al siguiente (2) En la Fig. 3, entre 0.00 h y 0.02 h, la rapidez cambia de un ..... a ..... dentro del mismo ..... de .....

[intervalo (de) tiempo; instante (punto); otro; intervalo (de) tiempo]

33. Panel 1, Fig. 3. El movimiento representado gráficamente en esta figura es (variable/constante) en el intervalo de 0.00 h a 0.02 h, y (variable/constante) en el intervalo de 0.02 h a 0.06 h.

[variable, constante]

34. Panel 1. Refiérase a la Fig. 2. Considere la distancia recorrida en el intervalo de 0.0 h a 0.1 h. La representación gráfica de esta distancia es el ..... del rectángulo .... (*con número romano*).

[área; I]

35. Panel 1, Fig. 2. La base de I es el intervalo de tiempo de ..... h a ..... h. La altura de I es la ..... durante este intervalo de tiempo, la cual es de ..... km/h.

[0.0; 0.1; rapidez; 10]

36. Panel 1, Fig. 2. Area de I = [(*a*) ..... h] [(*b*) ..... km/h]
Distancia recorrida de 0.0 h a 0.1 h = (*c*) ..... km.

$$[(a)\ 0.1;\ (b)\ 10;\ (c)\ (0.1\text{ h})\left(10\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)= \mathbf{1\ km}]$$

37. Panel 1, Fig. 2. Para encontrar la distancia recorrida en el intervalo de 0.5 h a 1.0 h, determinamos el área del rectángulo .....

[IV]

38. Panel 1, Fig. 2. El área de IV es = (.....)(.....)
Distancia recorrida en el intervalo de 0.5 h a 1.0 h = ...

[*En cualquier orden:* 1.0 h − 0.5 h = **0.5 h,** 45 km/h;
(0.5 h)(45 km/h) = **22.5 km**]

39. Panel 1, Fig. 2. Encuentre la distancia recorrida en el intervalo de 1.0 h a 1.3 h.

[Longitud del intervalo de tiempo = 1.3 h − 1.0 h = 0.3 h;
área de V = (0.3 h)(15 km/h);
distancia recorrida en el intervalo de 1.0 h a 1.3 h = (0.3 h)
$\left(15\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)= \mathbf{4.5\ km}$]

40. Panel 1, Fig. 2. Una inspección a la Fig. 2 revela que la distancia más grande fue la recorrida en el intervalo de 0.5 h a 1.0 h, debido a que el rectángulo del cual este intervalo de tiempo es la base tiene la mayor .....

[área]

41. Panel 1, Fig. 2. ¿En qué intervalo de tiempo se recorre la menor distancia? Escoja uno de los siguientes:
0.1 h a 0.4 h
0.0 h a 0.1 h
1.0 h a 1.3 h

[0.0 h a 0.1 h]

42. Panel 1, Fig. 2. Supóngase que queremos encontrar la distancia recorrida de 0.0 h a 0.4 h. La distancia está representada gráficamente por la ..... de las ..... de los rectángulos .... y ....

[suma; áreas; *en cualquier orden:* I, II]

43. La distancia recorrida de 0.1 h a 0.5 h es = área de .... + área de ....

[*En cualquier orden:* II; III]

44. Panel 1, Fig. 2.

Area de II = ...

Area de III = ...

Distancia recorrida en el intervalo de tiempo de 0.1 h a 0.5 h = ... km

[Para encontrar el intervalo de tiempo del área II: 0.4 h − 0.1 h = 0.3 h.

Area II = (0.3 h) (35 km/h) = 10.5 km

Para encontrar el área de III: intervalo de tiempo = 0.5 h − 0.4 h = 0.1 h.

Area III = (0.1 h) (5 km/h) = 0.5 km

Distancia = área II + área III = 10.5 km + 0.5 km = **11.0 km**]

45. Panel 1, Fig. 2. Encuentre la distancia recorrida de 0.5 h a 1.3 h. Describa todos los pasos, como en la respuesta del problema anterior.

[Distancia = área de IV + área de V. Para encontrar el área de IV: intervalo de tiempo = 1.0 h − 0.5 h = 0.5 h.

Area de IV.= (0.5 h) (45 km/h) = 22.5 km.

Para encontrar el área de V: intervalo de tiempo = 1.3 h − 1.0 h = 0.3 h.

Area de V.= (0.3 h) (15 km/h) = 4.5 km.

Distancia = 22.5 km + 4.5 km = **27.0 km**]

46. Panel 1, Fig. 2. La suma de las áreas de los rectángulos II, III y IV representa la .....

[distancia recorrida en el intervalo de 0.1 h a 1.0 h]

47. Panel 1, Refiérase a la Fig. 3. Calcule la distancia recorrida de 0.02 h a 0.06 h. Describa todos los pasos.

[distancia recorrida = área *BEFC*.

Para calcular el área de *BEFC*: intervalo de tiempo = 0.06 h − 0.02 h = 0.04 h.

Rapidez = 40 km/h.
Area de *BEFC* = (0.04 h) (40 km/h) = 1.6 km.
Distancia recorrida de 0.02 h a 0.06 h = **1.6 km**]

48. Panel 1, Fig. 3. A *CF* la llamaremos *curva* de la gráfica en el intervalo de 0.02 h a 0.06 h. El área de *BEFC* es el área encerrada entre la curva de la gráfica, para este intervalo y la escala (rapidez/tiempo).

[tiempo]

49. Podemos decir que las ..... están representadas en las curvas rapidez/tiempo, por las ..... encerradas entre la curva de la gráfica y la escala del .....

[distancias; áreas; tiempo]

50. Panel 1, Fig. 3. El segmento *DC* es la ..... de la gráfica en el intervalo de ..... h a ..... h.

[curva; 0.00; 0.02]

51. Panel 1, Fig. 3. La curva de la gráfica, en el intervalo de 0.00 h a 0.02 h, es el segmento de línea ..... La distancia recorrida durante este intervalo de tiempo está representada ..... por el ..... de .....

[*DC*; gráficamente; área; *ABCD*]

52. Panel 1, Fig. 3. *ABCD* es un trapezoide con altura *AB* y bases *AD* y *BC*. La fórmula para el área (*K*) de un trapezoide es: $K = \frac{1}{2}h(b_1 + b_2)$, donde h es la altura y b_1 y b_2 son las bases. Sustituyendo con los segmentos de línea de *ABCD*, la fórmula queda: $K = \frac{1}{2}(a)$ ..... [(*b*) ..... + (*c*) .....].

[(*a*) *AB*; *en cualquier orden:* (*b*) *AD*, (*c*) *BC*]

53. Panel 1, Fig. 3.

AB = (*a*) ..... h
AD = (*b*) ..... km/h
BC = (*c*) ..... km/h
Area de *ACBD* = (*d*) .....
Distancia recorrida de 0.00 h a 0.02 h = (*e*) ..... km

[(*a*) 0.02
(*b*) 20
(*c*) 40

(*d*) área $ABCD = \frac{1}{2}(0.02\text{ h})\left(20\frac{\text{km}}{\text{h}} + 40\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$

área $ABCD$ = **0.60 km;**

(*e*) 0.6]

54. Panel 1, Fig. 3. La distancia recorrida en el intervalo de 0.00 h a 0.06 h está representada por el área encerrada entre la línea quebrada ..... y el eje (escala) del .....

[*DCF;* tiempo]

55. Panel 1, Fig. 3.
Area de $ABCD$ = 0.6 km
Area de $BEFC$ = 1.6 km
La distancia recorrida de 0.00 h a 0.06 h es de ..... km.

[2.2]

Sección 3. Estimación de la distancia recorrida, por medio de las gráficas rapidez-tiempo del movimiento

1. Refiérase al Panel 2. La letra en la esquina superior derecha es una .....

[P]

2. Panel 2. Examine la Fig. 1. Es una gráfica ..... del movimiento.

[rapidez-tiempo]

3. Panel 2, Fig. 1.
La rapidez está medida en ..... (unidades).
El tiempo está medido en .....

[cm/s; s]

4. Panel 2, Fig. 1. La distancia recorrida en el intervalo de tiempo de 17 s a 20 s está representada por el ..... encerrada entre el segmento de línea ..... y la escala del .....

[área; CD; tiempo]

5. Panel 2, Fig. 1. Calcule la distancia recorrida en el intervalo de 17 s a 20 s. [Recuerde: área de un trapezoide = $\frac{1}{2}h(b_1 + b_2)$]

[Area del trapezoide = ½(3 s) (8 cm/s + 12 cm/s)
Area = ½(3) (20) = 30 cm;
Distancia recorrida en 17-20 s = **30 cm**]

6. Panel 2, Fig. 1. Podemos calcular la distancia por medio de una gráfica rapidez-tiempo, si tenemos una fórmula para el ..... de la figura geométrica correspondiente.

[área]

7. Panel 2, Fig. 1. Supóngase que no sabemos la fórmula del área de un trapezoide. El área del trapezoide bajo *CD* es la ..... de las ..... de los cuadrados que contiene.

[suma; áreas]

8. Panel 2, Fig. 1. Por lo tanto, debemos determinar qué valor representa cada cuadrado en esta gráfica. En la escala de rapidez cada unidad representa ..... cm/s. cada unidad en la escala de tiempo representa ..... s. Cada cuadrado es el producto de éstas. Un cuadrado representa .....

[1; 1; 1 cm/s $\times$ 1 s = **1 cm**]

9. Panel 2, Fig. 1. Podemos *estimar* el tiempo recorrido entre 17 s y 20 s si contamos el número de ..... contenidos en el trapezoide.

[cuadrados]

10. Panel 2, Fig. 1. Podemos contar cuadrados completos, pero tenemos que hacer cálculos aproximados de porciones de cuadrados tales como los que están a lo largo de *CD*. Cuando contamos cuadrados y calculamos aproximadamente porciones a lo largo de *CD*, estamos (estimando/calculando) la distancia recorrida.

[estimando]

11. Panel 2, Fig. 1. Queremos estimar la distancia recorrida entre 1 s y 10 s. Podemos contar el número de cuadrados completos. Hay .... cuadrados completos, representando cada uno 1 ..... de distancia recorrida.

[32; cm]

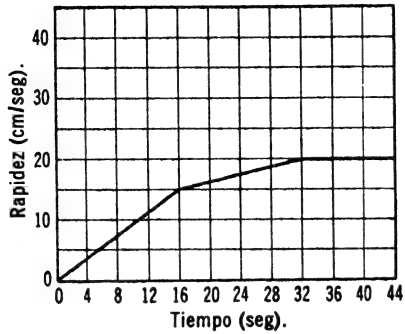
12. Panel 2, Fig. 1. En seguida estimamos el número de cuadrados equivalentes a las porciones atravesadas o cortadas por *AB*. Estime este número.

[aproximadamente 6]

13. Panel 2, Fig. 1. Contamos 32 cuadrados enteros y calculamos un equivalente de aproximadamente 6 más. Por lo tanto, ... que la distancia recorrida es de aproximadamente ..... cm.

[estimamos; 38]

14.



Cada unidad de la escala de rapidez representa ..... Cada unidad de la escala de tiempo representa ..... Cada cuadro representa ..... Estime la distancia recorrida en el intervalo entre 16 s y 36 s.

[5 cm/s;
4 s;
5 cm/s $\times$ 4 s = **20 cm**
Hay aproximadamente 18 cuadrados.
Puesto que cada cuadro representa 20 cm, la distancia es 18 $\times$ 20 = **360 cm**]

Sección 4. La gráfica Distancia-Tiempo

1. Variables son cantidades que en una ecuación pueden cambiar de valor.
   En la ecuación $V^2 = 2as$, 2 (es/no es) una variable.
   V, a y s (son/no son) variables.

[no es, son]

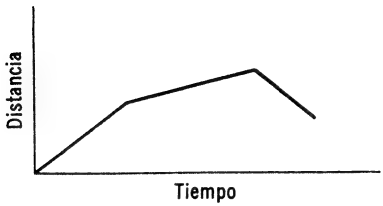
2. En la ecuación $V = d/t$, V, d y t se llaman .....

[variables]

3. En la primera parte de este capítulo examinamos la gráfica .... del movimiento. Esta clase de gráfica relaciona a las variables ..... y ..... directamente. Tuvimos que encontrar una forma de representar, indirectamente, la tercera variable, o sea la .....

[rapidez-tiempo, *en cualquier orden:* V, o rapidez; t o tiempo; d o distancia]

4. También podemos trazar una gráfica distancia-tiempo del movimiento, tal como la ilustrada a continuación:



Esta gráfica representa las variables ..... y ..... directamente, y es necesario que encontremos alguna representación indirecta de la .....

[*En cualquier orden: d* o distancia; *t* o tiempo; *v* o rapidez]

5. Vea el panel 3. La letra en la esquina superior derecha es una .....

[T]

6. Panel 3. Examine en la Fig. 1, el intervalo de tiempo entre 0.00 h y 0.14 h.

Intervalo de tiempo = 0.14 h − 0.00 h = ... h.

Distancia recorrida durante este intervalo de tiempo = 7 km − 0 km ..... km.

[0.14; 7]

7. Panel 3, Fig. 1. Puesto que $V = d/t$, la rapidez durante el intervalo de tiempo de 0.00 h a 0.14 h es de:

$$\frac{(a)\ \ldots\ldots}{(b)\ \ldots\ldots} = (c)\ \ldots\ldots \text{ km/h}$$

[(*a*) 7 km; (*b*) 0.14 h; (*c*) 50]

8. Panel 3, Fig. 1. El intervalo de tiempo de 0.14 h a 0.26 h es de .....

[0.26 h − 0.14 h = **0.12 h**]

9. Panel 3, Fig. 1. La distancia recorrida durante el intervalo de tiempo de 0.14 h a 0.26 h es de:

..... − ..... = ...

[13 km − 7 km = 6 km]

10. Panel 3, Fig. 1. La rapidez durante el intervalo de 0.14 h a 0.26 h es de ..... km/h.

[6 km/0.12 h = **50 km/h**]

11. Panel 3, Fig. 1. Calcule la rapidez durante el intervalo de tiempo entre 0.4 h y 0.8 h.

[Intervalo de tiempo = 0.8 h − 0.4 h = 0.4 h;
distancia recorrida = 40 km − 20 km = 20 km;
rapidez = 20 km/0.4 h = **50 km/h**]

12. Panel 3, Fig. 1. Esta gráfica distancia-tiempo de la figura 1 describe un movimiento en el cual la rapidez es (constante/variable).

[constante]

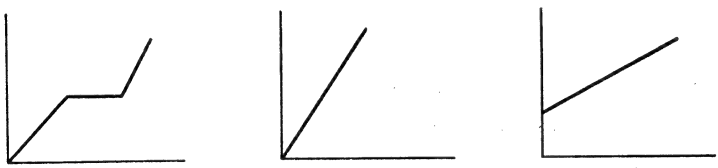
13. Panel 3, Fig. 1. La curva de la Fig. 1 es una línea ..... Tal curva, en una gráfica distancia-tiempo, representa una rapidez .....

[recta; constante o uniforme]

14. Suponga que traza la gráfica distancia-tiempo del movimiento de una partícula y encuentra que la gráfica es una línea recta. Esta es una clara evidencia de que la ..... de la partícula es (constante-/variable).

[rapidez; constante]

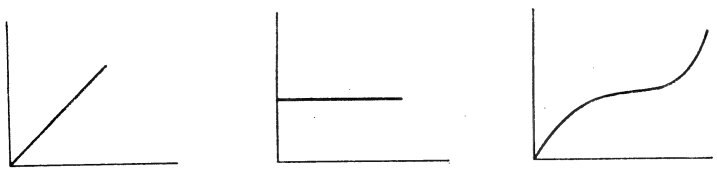
15.



Todas estas son gráficas distancia-tiempo. ¿Cuál(es) indica(n) una rapidez constante? .....

[(*b*) y (*c*)]

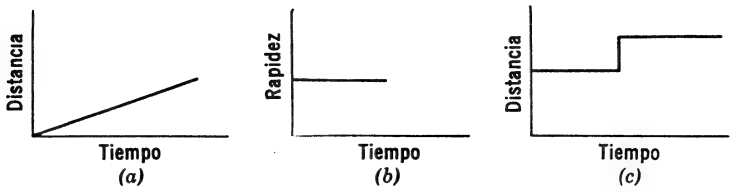
16.



Todas estas son gráficas *rapidez-tiempo*. ¿Cuál(es) indica(n) una rapidez constante? .....

[(*b*)]

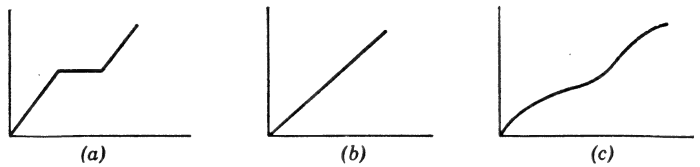
17.



¿Cuál(es) de estas gráficas indica(n) rapidez constante? .....

[(*a*) y (*b*)]

18.



Todas estas son gráficas distancia-tiempo. ¿Cuál(es) indica(n) rapidez constante? .....

[(*b*)]

19. Sea t_1 (llamado *t* subíndice uno) cualquier punto en la escala del tiempo, ya sea en una gráfica rapidez-tiempo o en una distancia-tiempo, y t_2 (llamado *t* subíndice dos) cualquier punto representando un instante *posterior*.
Por ejemplo, $(t_1/t_2) = 5$ s, y $(t_1/t_2) = 17$ s.

[t_1; t_2]

20. El intervalo de tiempo entre t_1 y t_2 es $t_2 - t_1$. El intervalo de tiempo entre 5 s y 17 s es ..... s.

[17 s − 5 s = **12** s]

21. El intervalo de tiempo entre 0.3 h y 0.8 h es ..... h.

[0.8 − 0.3 = **0.5** h]

22. Si $t_1 = 0$ s y $t_2 = 35$ s, el ..... de ..... entre t_1 y t_2 es de ..... s.

[intervalo; tiempo; 35]

23. El intervalo de tiempo entre t_1 y t_2 es ..... (*Use símbolos*).

[$t_2 - t_1$]

24. $t_2 - t_1$ es una expresión general para un .... (3 palabras).

[intervalo de tiempo]

25. Panel 3, Fig. 1. Sea d_1 (llamado *d* subíndice uno) el punto en la escala de distancias que corresponde al t_1 en la escala del tiempo. En esta figura, cuando $t_1 = 0.20$ h, $d_1 = 10$ km. Cuando $t_1 = 0.4$ *h*, $d_1 =$ ..... (léalo fuera de la gráfica).

[20 km]

26. Panel 3, Fig. 1. Cuando $t_1 = 0.14$ h, $d_1 =$ .....

[7 km]

27. Panel 3, Fig. 1. Sea d_2 el punto en la escala de la distancia que corresponde al t_2 de la escala del tiempo. Cuando $t_2 = 0.4$ h, $d_2 =$ .....

[20 km]

28. Panel 3, Fig. 1. Cuando $t_2 = 0.26$ h, d_2 .....

[13 km]

29. $t_2 - t_1$ es un intervalo de tiempo en la escala del mismo nombre. El *cambio en la distancia* que ocurre durante t_2 y t_1, es ..... − ..... (*Use símbolos.*)

[$d_2 - d_1$]

30. $d_2 - d_1$ es el ..... en la ..... que tiene lugar durante ..... (*Use símbolos.*)

[cambio; distancia; $t_2 - t_1$]

31. Panel 3, Fig. 1.

$t_1 = 0.2$ h

$t_2 = 0.4$ h

$d_1 =$ .....

$d_2 =$ .....

[10 km; 20 km]

32. Panel 3, Fig. 1.

$t_1 = 0.20$ h

$t_2 = 0.60$ h

$t_2 - t_1 =$ ..... h

$d_2 - d_1 =$ ..... km

[0.40; 30 km − 10 km = 20 km]

33. Los matemáticos representan con el símbolo Δ (llamado delta) las expresiones "intervalo de" o "cambio de".

Δt significa .....

Δd significa .....

[intervalo de tiempo; cambio de distancia]

34. $t_2 - t_1$ es el ..... entre t_2 y t_1.
En símbolos:
$\Delta t =$ .....

[intervalo de tiempo; $t_2 - t_1$]

35. Sean $t_1 = 5$ s y $t_2 = 14$ s.

$\Delta t =$ ..... s

[9]

36. $\Delta t = t_2 - t_1$;

$\Delta d =$ .....

[$d_2 - d_1$]

37. t_1 y t_2 son (puntos en una gráfica/una distancia entre puntos).

[puntos en una gráfica]

38. Δt y Δd son (puntos en una escala/distancias entre dos puntos).

[distancias entre dos puntos]

39. Δd es el ..... que tiene lugar durante Δt.

[cambio de distancia]

40. Panel 3, Fig. 1.

$t_1 = 0.14$ h

$t_2 = 0.40$ h

$\Delta t =$ .....

$\Delta d =$ .....

[$t_2 - t_1 = \mathbf{0.26}$ h;
$d_2 - d_1 = 20$ km $- 7$ km $= \mathbf{13}$ km]

41. Panel 3, Fig. 1. Cuando $t_1 = 0.08$ h y $t_2 = 0.50$ h, $\Delta t = 0.42$ h y $\Delta d = 21$ km.

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = 50 \text{ .....} \quad (\textit{unidades})$$

[km/h]

42. Panel 3, Fig. 1. Usando los símbolos v, Δt y Δd:

$v =$ .....

[$\Delta d/\Delta t$]

43. Panel 3, Fig. 1. La relación $\Delta d/\Delta t$ es una medida de la *pendiente* de la curva en el intervalo Δt. La pendiente de la curva en el intervalo entre 0.60 h y 0.70 h es de ..... (muestre todos los pasos de la solución).

[pendiente $= \dfrac{\Delta d}{\Delta t} = \dfrac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{35\text{ km} - 30\text{ km}}{0.70\text{ h} - 0.60\text{ h}} = \dfrac{5\text{ km}}{0.10\text{ h}} = \mathbf{50\ km/h}$]

44. En una gráfica distancia-tiempo del movimiento, la razón $\Delta d/\Delta t$ se llama ..... de la curva en el intervalo .....

[pendiente; Δt]

45. Dada cualquier gráfica distancia-tiempo del movimiento, la pendiente de la curva en el intervalo Δt es la relación .....

[$\Delta d/\Delta t$]

46. Panel 3. Con anterioridad encontramos que la curva de una gráfica distancia-tiempo, cuando está representada por una línea recta, indica una ....

[rapidez constante o uniforme]

47. Panel 3. Puesto que $v = \Delta d/\Delta t$, y la pendiente es $= \Delta d/\Delta t$, y la curva de la Fig. 1 es una línea recta, la pendiente de la curva debe ser (constante/variable).

[constante]

48. La razón $\Delta d/\Delta t$ nos dice que es la ..... recorrida por unidad de tiempo en el intervalo Δt; es decir, es la ..... del movimiento en el intervalo Δt.

[distancia; rapidez]

49. La razón $\Delta d/\Delta t$ es también una medida de la ..... de la curva en el intervalo Δt.

[pendiente]

50. En la gráfica rapidez-tiempo del movimiento encontramos que la tercera variable, o sea, la distancia, estaba representada por el .... (en palabras) en el intervalo Δt. Ahora vemos que en

una gráfica distancia-tiempo, la rapidez, que es la tercera variable, está representada por la ..... de la curva en el intervalo Δt.

[área bajo la curva; pendiente]

51. Usando gráficas rapidez-tiempo podemos comparar las distancias recorridas, comparando .....s bajo la curva para diferentes valores de Δt. Usando gráficas distancia-tiempo podemos comparar la ..... comparando la ..... del movimiento para diferentes valores de Δt.

[área(s); rapidez; pendiente]

52. Panel 3. Examine la Fig. 2. Es una gráfica ..... que describe dos movimientos diferentes (identificados como línea I y línea II). La línea I es una línea ..... En una gráfica distancia-tiempo, tal curva indica una ....

[distancia-tiempo; recta; rapidez constante o uniforme]

53. Panel 3, Fig. 2. Para calcular la rapidez del movimiento representado por la línea I, medimos su ....., que es la razón .....

[pendiente; $\Delta d/\Delta t$]

54. Panel 3, Fig. 2. Puesto que la línea I es una recta, su pendiente es constante. Por lo tanto, podemos usar (sólo un/cualquier) Δt, para calcular su pendiente.

[cualquier]

55. Panel 3, Fig. 2. Usando el intervalo entre 0 s y 15 s, la pendiente es = ...

[$\Delta t = 15\text{ s} - 0\text{ s} = 15\text{ s}$;

$\Delta d = 6\text{ cm} - 0\text{ cm} = 6\text{ cm}$;

$$\text{pendiente} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{6\text{ cm}}{15\text{ s}} = 0.4\text{ cm/s}]$$

56. Panel 3, Fig. 2. La línea I es una recta. Su pendiente (es/no es) constante en cualquier intervalo Δt.

[es]

57. Panel 3, Fig. 2. La pendiente de la línea I es de ..... cm/s, sin importar que ..... escojamos.

[0.4; intervalo de tiempo]

58. Panel 3, Fig. 2. La pendiente de la línea I es una representación gráfica de la ..... de una partícula.

[rapidez]

59. Panel 3, Fig. 2. La rapidez constante indicada por la línea I es de .....

[0.4 cm/s]

60. Panel 3, Fig. 2. Calcule la pendiente de II, usando $t_1 = 50$ s y $t_2 = 60$ s.

[$\Delta t = 60$ s $- 50$ s $= 10$ s;
$\Delta d = 20$ cm $- 0$ cm $= 20$ cm;
pendiente $= \dfrac{\Delta d}{\Delta t} = \dfrac{20 \text{ cm}}{20 \text{ s}} = 2$ cm/s]

61. Panel 3, Fig. 2. Sea v_{II} la rapidez de la partícula cuyo movimiento está representado por la línea II. Puesto que la pendiente es la representación gráfica de la ..... en una gráfica ..... del movimiento, entonces $v_{II} =$ .... cm/s.

[rapidez; distancia-tiempo; 2]

62. Panel 3, Fig. 2. Una forma de comparar las líneas I y II, es diciendo que una de ellas asciende más rápidamente que la otra, o que una es más *inclinada* que la otra.

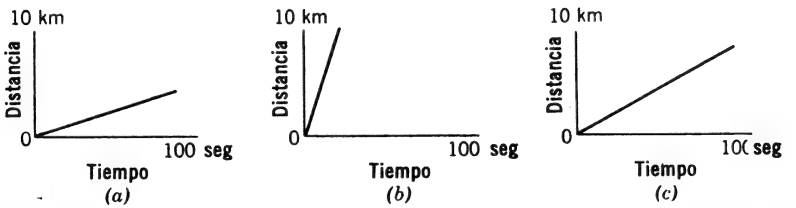
¿Cuál es más inclinada, I o II?

[II]

63. Panel 3, Fig. 2.
Pendiente de I = 0.4 cm/s
Pendiente de II = 2 cm/s
La curva más inclinada tiene la mayor .....

[pendiente]

64.



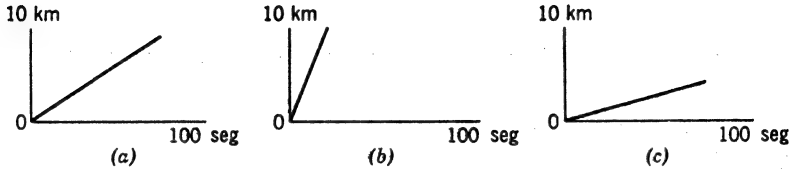
Todas estas son gráficas distancia-tiempo. Cada una de ellas describe una rapidez ..... La mayor pendiente es la ..... [(*a*), (*b*) o (*c*).]

[constante, uniforme; (*b*)]

65. Puesto que la pendiente representa a la rapidez, a mayor pendiente, (mayor/menor) rapidez.

[mayor]

66.



Todas estas son gráficas distancia-tiempo. Identifique la que indique: (1) la menor rapidez [(*a*), (*b*) o (*c*)] .....; (2) la mayor rapidez [(*a*), (*b*) o (*c*)] .....

[(1): (*c*); (2): (*b*)]

67. Panel 3. En la Fig. 2 el punto *Q* está .... unidades *arriba* de *P* en la escala vertical.

[4]

68. Panel 3, Fig. 2. *Q* está ..... unidades *adelante* de *P* en la escala horizontal.

[10]

69. Panel 3, Fig. 2. La pendiente de *PQ* es la razón de *arriba* a *adelante*, o sea:

.....

..... (*Use números.*)

.....

[$\frac{4}{10}$]

70. Observe que $\frac{4}{10}$ = ... (*con dos decimales.*)

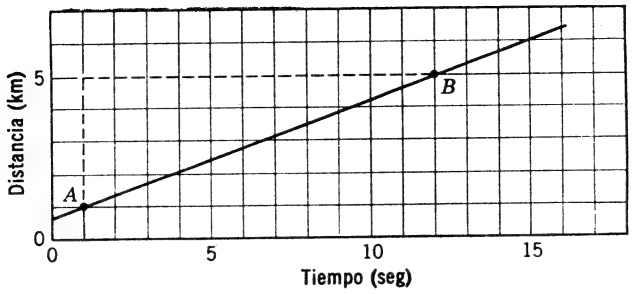
La razón $\frac{\text{arriba}}{\text{adelante}}$ es (= ó $\neq$) de $\frac{\Delta d}{\Delta t}$

[0.40; =]

71. Panel 3, Fig. 2. Para la línea II la razón *arriba* a *adelante* es de.... (use el segmento que está entre los puntos *R* y *T*).

[1%]

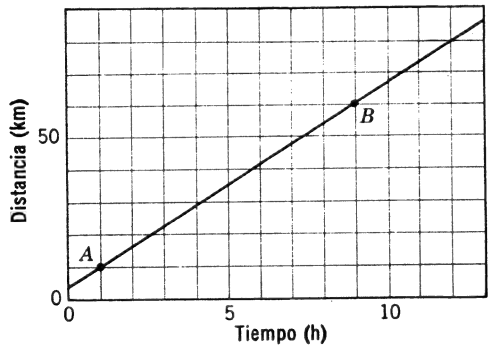
72.



Calcule la razón $\left(\frac{\text{arriba}}{\text{adelante}}\right)$ de esta línea. (Use A y B como puntos de referencia.)

[arriba = 4 m; adelante = 11 s; $\frac{\text{arriba}}{\text{adelante}} = \frac{4}{11}$ km/s, o bien 0.36 km/s]

73.



La pendiente de esta curva es la razón $\left[\left(\frac{\text{adelante}}{\text{arriba}}\right)\Big/\left(\frac{\text{arriba}}{\text{adelante}}\right)\right]$

La rapidez representada en esta gráfica es de ..... $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

[$\frac{\text{arriba}}{\text{adelante}}$; $\frac{50\text{ km}}{8\text{ h}} = 6.25$ km/h

(usando la razón $\frac{\text{arriba}}{\text{adelante}}$ entre A y B)]

74. ¿Cómo representamos la rapidez en una curva distancia-tiempo?

.....

[con la pendiente de la curva (en cualquier intervalo Δt)]

75. ¿Cómo representamos la distancia recorrida, en una curva rapidez-tiempo?

.....

[por el área bajo la curva en el intervalo Δt, o sea, el área que está entre la curva y la escala del tiempo, etc.]

Sección 5. Análisis de la Gráfica Distancia-Tiempo

1. Panel 3. Véase la Fig. 3. Contiene tres curvas distancia-tiempo, cada una de las cuales es una línea recta. ¿Qué clase de movimiento representa cada una? .....

[movimiento uniforme (movimiento con rapidez uniforme o constante)]

2. Panel 3, Fig. 3. Calcule la rapidez representada por la línea I. Use $t_1 = 10$ min y $t_2 = 15$ min y haga sus cálculos con una decimal.

[$\Delta t = 15$ min $- 10$ min $= 5$ min
$\Delta d = 22$ m $- 18$ m $= 4$ m

$$\text{rapidez.} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{4 \text{ m}}{5 \text{ min}} = 0.8 \text{ m/min}]$$

3. Panel 3, Fig. 3. Calcule la pendiente y la rapidez de II, usando $t_1 = 15$ min y $t_2 = 40$ min.

[$\Delta t = 40$ min $- 15$ min $= 25$ min
$\Delta d = 32$ m $- 12$ m $= 20$ m

$$\text{pendiente} = \text{rapidez} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{25 \text{ min}} = 0.8 \text{ m/min}]$$

4. Panel 3, Fig. 3. Observe que la pendiente de I = la pendiente de II; en general, cuando dos líneas rectas que representan sendas curvas en una gráfica distancia-tiempo, son paralelas, ¿qué podemos decir acerca de la rapidez de los movimientos que representan? .....

[que son iguales]

5. Dos objetos se mueven con rapidez constante e igual. Cuando su movimiento es registrado en una gráfica distancia-tiempo, las líneas .... que lo representan tendrán pendientes ..... y las líneas serán ..... la una a la otra.

[rectas; iguales; paralelas]

6. Panel 3, Fig. 3. Las líneas I y II son paralelas la una a la otra. La línea III es ..... a la escala del .....

[paralela; tiempo]

7. Panel 3, Fig. 3. Calcule la pendiente de III. Use $t_1 = 20$ min y $t_2 = 55$ min.

[$\Delta t = 55$ min $- 20$ min $= 35$ min
$\Delta d = 30$ m $- 30$ m $= 0$ m

$$\text{pendiente de II} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m}}{35 \text{ min}} = 0 \text{ m/min}]$$

8. Panel 3, Fig. 3. La línea III describe un movimiento en el cual la ..... ES CERO; es decir, una situación en la que no hay ....

[rapidez; movimiento]

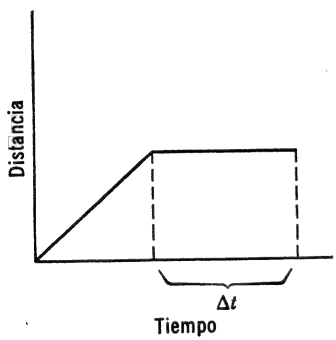
9. En general, cuando una curva distancia-tiempo es paralela a la escala del tiempo, la rapidez que tiene es ..... (un número).

[cero ó 0]

10. Sea un objeto inmóvil. La curva distancia-tiempo de su movimiento será ..... a la escala del tiempo.

[paralela]

11.



Esta curva distancia-tiempo es paralela a la escala del tiempo en el intervalo Δt. Esto significa que para este intervalo Δd es ..... y que también para este intervalo v es .....

[cero; cero]

12. Hasta ahora hemos tratado con curvas distancia-tiempo representadas por una línea ..... Este tipo de curvas tiene una pendiente constante, y una pendiente constante representa una .....

[recta; rapidez constante]

13. Tal como pudiéramos suponer, una gráfica distancia-tiempo de línea quebrada o curva describe rapidez que no siempre es ....., sino que ..... de un intervalo a otro o de un instante a otro.

[constante; varía, cambia]

14. Refiérase al panel 4. La letra en la esquina superior derecha es una .....

[R]

15. Panel 4. La figura 1 es una curva distancia-tiempo representada por una línea ....., consistiendo de tres líneas ..... sucesivas.

[quebrada; rectas]

16. Panel 4, Fig. 1. Las tres componentes de esta curva están rotuladas, I, II y III. Calcule la rapidez representada por I. (Use $t_1 = 0$ h, y $t_2 = 3$ h).

[rapidez de I $= \dfrac{\Delta d}{\Delta t}$

$\Delta t = 3 \text{ h} - 0 \text{ h} = 3 \text{ h}$

$\Delta d = 20 \text{ km} - 0 \text{ km} = 20 \text{ km}$

rapidez de I $= \dfrac{20 \text{ km}}{3 \text{ h}} = 6.67 \text{ km/h}$]

17. Panel 4, Fig. 1. La línea II es paralela al eje del tiempo.
Rapidez de II = ... km/h

[0 ó cero]

18. Panel 4, Fig. 1. Ahora consideremos la línea III. Usando $t_1 = 5$ h y $t_2 = 8$ h:

$\Delta t =$ ..... h

$\Delta d = d_2 - d_1 =$ (+/−) 20 km

[3; (debido a que $\Delta d = 0 \text{ km} - 20 \text{ km}$, $\Delta d = -20 \text{ km}$)]

19. Panel 4, Fig. 1. La pendiente de III es = ...

[pendiente de III $= \dfrac{\Delta d}{\Delta t} = \dfrac{-20 \text{ km}}{3 \text{ h}} = 6.67 \text{ km/h}$]

20. Panel 4, Fig. 1. La pendiente de III es negativa debido a que ..... es negativo.

[Δd]

21. Panel 4. La situación en la figura 1 podría ser como sigue: Un caminante va a lo largo de un camino durante 3 horas con una rapidez de 6.67 km/h. Esta parte de su viaje está descrita por la línea rotulada ....

[I]

22. Panel 4, Fig. 1. Después de .... horas el caminante se detiene, acampa, toma sus alimentos y echa una siesta, empleando en ello .... horas.

[3; 2]

23. Panel 4, Fig. 1. Entonces regresa a su punto de partida por el mismo camino. Su ..... en el viaje de regreso es la misma que al partir, pero está dirigida en dirección .....

[rapidez, opuesta]

24. Panel 4, Fig. 1. La rapidez representada por las pendientes de I y II es (la misma/diferente).

[las mismas]

25. Panel 4, Fig. 1. Lo que cambia es la ..... en que viaja el caminante.

[dirección]

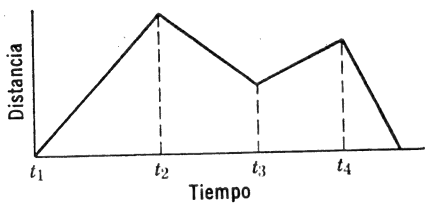
26. Panel 4, Fig. 1. El hecho de que las líneas I y III representen movimientos en direcciones opuestas, está indicado por el hecho de que la ..... de III sea .....

[pendiente; negativa]

27. Panel 4, Fig. 1. Como regla, los físicos nunca consideran a la rapidez con valor negativo. En el capítulo 3 veremos que cuando se toma en consideración la dirección del movimiento, ellos emplean el término *velocidad* en vez del término rapidez. Las pendientes de I y III representan la misma ....., pero diferente .....

[rapidez; velocidad]

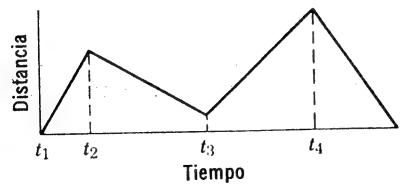
28.



Durante el intervalo de t_1 a t_2 la pendiente es constante y positiva. De t_2 a t_3 es ..... y .....

[*En cualquier orden:* constante; negativa]

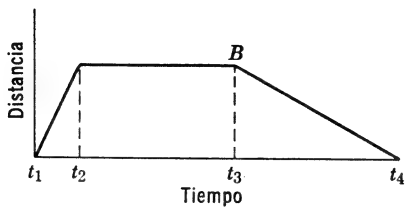
29.



Durante el intervalo de t_2 a t_3 la pendiente es constante y .... De t_3 a t_4 es constante y .....

[negativa; positiva]

30.



AB es *paralela* al eje del tiempo. Entre t_2 y t_3 la pendiente es ..... (*número*). Entre t_3 y t_4 es ..... (*Complete esta oración*).

[cero; constante y negativa]

31. Panel 4, Fig. 1. Entre 0 h y 3 h, la rapidez es constante, de 6.67 km/h. Entre 3 h y 5 h, es constante y vale cero. Entre 5 h y 8 h, nuevamente es de 6.67 km/h. Dentro de los intervalos de tiempo dados, la rapidez es .....; sin embargo, ... de un intervalo al siguiente.

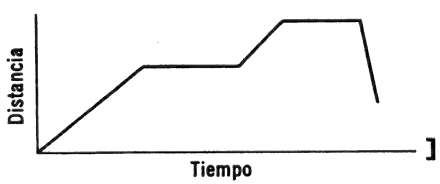
[constante, uniforme; varía, cambia]

32. Panel 4, Fig. 1. Una gráfica distancia-tiempo de línea quebrada, tal como ésta, indica rapidez ..... dentro de ciertos ...., pero ..... considerando el total del tiempo cubierto por la gráfica.

[constante, uniforme; intervalos de tiempo; variable, no uniforme]

33. Dibuje una gráfica distancia-tiempo que describa rapidez constante en ciertos intervalos de tiempo, pero variable considerando a todo el tiempo cubierto.

[cualquier curva de *línea quebrada* sería:



]

34. Conste (*a*), (*b*) o (*c*): Una línea recta (*a*) a veces cambia su pendiente (o dirección); (*b*) nunca cambia su pendiente; (*c*) cambia su pendiente en cada punto.

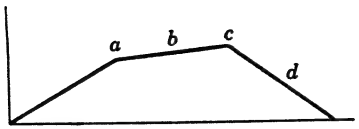
Conteste (*a*), (*b*) o (*c*): Una línea quebrada (*a*) nunca cambia su pendiente; (*b*) a veces cambia su pendiente; (*c*) cambia su pendiente en cada punto.

[(*b*); (*b*)]

35. Una línea quebrada cambia su ..... en los puntos de unión de las líneas rectas que la componen.

[pendiente]

36.



La línea quebrada de este diagrama cambia su pendiente en los puntos .... y ....

[a; c]

37. Panel 4. Observe la Fig. 2. La rapidez durante el intervalo de 0 h a 2 h es (mayor/menor) que la que hay durante el intervalo 2-4 h debido a que la ..... de BC es (más inclinada/menos inclinada) que la de AB.

[mayor pendiente; menos inclinada]

38. Panel 4, Fig. 2. La rapidez durante el intervalo de 4 h a 10 h es (mayor/menor) que la que hay durante cualquiera de los otros dos intervalos, debido a que su pendiente es (más inclinada/menos inclinada) que la de los otros.

[menor; menos inclinada]

39. Panel 4, Fig. 2. Calcule la rapidez durante el intervalo de 0 h a 2 h.

[Rapidez $= \dfrac{\Delta d}{\Delta t}$

$$\text{Rapidez} = \frac{30\text{ km} - 0\text{ km}}{2\text{ h} - 0\text{ h}} = \frac{30\text{ km}}{2\text{ h}} = 15\text{ km/h}]$$

40. Panel 4, Fig. 2. Calcule la rapidez durante el intervalo de 2 h a 4 h.

[Rapidez $= \dfrac{\Delta d}{\Delta t}$

$$\text{Rapidez} = \frac{40\text{ km} - 30\text{ km}}{4\text{ h} - 2\text{ h}} = \frac{10\text{ km}}{2\text{ h}} = 5\text{ km/h}]$$

41. Panel 4, Fig. 2. Definiremos la pendiente de la línea AC como la rapidez *media* en el intervalo de 0 h a 4 h.

Rapidez media (0 h a 4 h) = ... km/h

$$[\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{40\text{ km} - 0\text{ km}}{4\text{ h} - 0\text{ h}} = \frac{40\text{ km}}{4\text{ h}} = 10\text{ km/h}]$$

42. Panel 4, Fig. 2.
Rapidez (0–2 h) = 15 km/h
Rapidez (2–4 h) = 5 km/h
Rapidez media (0–4 h) = 10 km/h

La rapidez media (es/no es) igual a cualquier rapidez componente (es decir, de 0 h a 2 h ó de 2 h a 4 h).

[no es]

43. Panel 4, Fig. 2. La ..... de la línea ..... nos da la rapidez ..... en el intervalo de 0 h a 4 h.

[pendiente; *AC*; media]

44. Panel 4. Observe la Fig. 3. Esta es una gráfica del mismo movimiento ilustrado en la Fig. 2. Sin embargo, hemos dibujado las líneas *BD* y *AD*. La pendiente de *AD* representa la .... (*Complete esta oración.*)

[rapidez media en el intervalo de 0 h a 10 h]

45. Calcule la rapidez media en el intervalo de 2 h a 10 h.

[rapidez media (2–10 h) = pendiente de *BD*

$$\text{Pendiente de } BD = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{50\text{ km} - 30\text{ km}}{10\text{ h} - 2\text{ h}} = \frac{20\text{ km}}{8\text{ h}} = 2.5\text{ km/h}$$

Rapidez media (2–10 h) = **2.5 km/h**]

46. Panel 4, Fig. 3.

Rapidez media (2–10 h) = 2.5 km/h

Rapidez (2–14 h) = 5 km/h

Rapidez (4–10 h) = 1.67 km/h

La rapidez ..... en algunos intervalos de tiempo dados no es necesariamente igual a la rapidez *instantánea* durante cualquiera de los intervalos dados. Por lo tanto, debemos distinguir entre la rapidez ..... e .....

[media; media, instantánea]

47. Panel 4, Fig. 3. La pendiente de *BC* representa la rapidez en cualquier instante durante el intervalo de 2 h a 4 h, y se llama rapidez instantánea durante este intervalo. La pendiente de la línea *AD* representa la rapidez (media/instantánea) entre 0 y 10 horas.

[media]

48. Panel 4, Fig. 3. La pendiente de *AB* representa la rapidez .... a las 1.5 horas.

[instantánea]

49. Panel 4, Fig. 3. La pendiente de *CD* representa la rapidez .... en cualquier momento, entre 4 h y 10 h. La pendiente de *BD* representa la rapidez ..... en el intervalo de 2 h a 10 h. La pendiente de *BC* representa la rapidez ..... a las 3.2 h.

[instantánea; media; instantánea]

50. Panel 4, Fig. 3.

Rapidez (4–10 h) = 1.67 km/h

La rapidez instantánea a las 7.25 h es de .....

[1.67 km/h]

51. Panel 4, Fig. 3. La rapidez ..... entre 0 h y 10 h es de 5 km/h y está representada por la pendiente de la línea ..... La rapidez .... a la 1 h está representada por la pendiente de la línea .....

[media; *AD*; instantánea; *AB*]

52. Panel 4, Fig. 3. La rapidez instantánea a las 7 h está representada por la pendiente del segmento de línea .....

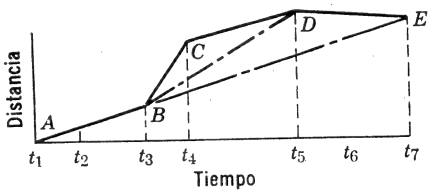
[*CD*]

53. Panel 4, Fig. 3. La rapidez instantánea a las 3.507 h está representada por la pendiente del segmento de línea .....

[*BC*]

54. Seleccione en el diagrama que sigue los segmentos de línea cuyas pendientes representan lo siguiente:

(*a*) la rapidez instantánea en t_6
(*b*) la rapidez media t_3 a t_5
(*c*) la rapidez instantánea en t_2
(*d*) la rapidez media de t_3 a t_7



[(*a*) *DE*; (*b*) *BD*; (*c*) *AB*; (*d*) *BE*]

55. Dada una gráfica distancia-tiempo de línea quebrada, ¿cómo encontraríamos la rapidez en un instante t_i? ....

[encontrando la pendiente de la curva en el intervalo de tiempo que incluya a t_i]

Sección 6. Aceleración: La aceleración definida como $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.
La aceleración representada gráficamente. Aceleración positiva y aceleración negativa.

1. Observe el panel 5. La letra en la esquina superior derecha es una ....

[X]

2. Panel 5. Examine la Fig. 1. Es una gráfica .....-..... con su escala vertical medida en ..... y su escala horizontal medida en ...

[rapidez-tiempo; km/h; s]

3. Panel 5. Puesto que la curva de la Fig. 1 es una línea ....., la pendiente de la curva es (constante/variable).

[recta; constante]

4. Panel 5. Llamamos intervalo Δt en la escala horizontal, al mismo que llamamos así en la gráfica distancia-tiempo. Si $t_1 = 6$ s y $t_2 = 25$ s, $\Delta t =$ .... s.

[19]

5. Panel 5, Fig. 1. Sea v_1 el valor en la escala de rapidez que corresponde a t_1 en la escala de tiempo.
Cuando $t_1 = 0$ s y $t_2 = 15$ s, $v_1 =$ ..... y $v_2 =$ .....

[0 km/h; 5 km/h]

6. Si $\Delta t = t_2 - t_1$
entonces $\Delta v =$ .....

[$v_2 - v_1$]

7. Panel 5, Fig. 1. Si $t_1 = 15$ s y $t_2 = 30$ s,
$\Delta t =$ ..... s
$\Delta v =$ ..... km/h

[15; $10 - 5 = 5$]

8. Panel 5, Fig. 1. Calculamos la pandiente de la curva mediante la razón ..../....

[$\Delta v/\Delta t$]

9. Panel 5, Fig. 1. Usando $t_1 = 0$ s y $t_2 = 30$ s, calcule la pendiente de esta curva.

$$\left[\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10\text{ km/h} - 0\text{ km/h}}{30\text{ s} - 0\text{ s}} = \frac{10\text{ km/h}}{30\text{ s}} = \frac{0.33\text{ km/h}}{\text{s}}\right]$$

10. Puesto que Δv representa el cambio de rapidez que tiene lugar en un intervalo de tiempo dado, $\Delta v/\Delta t$ representa el cambio de ..... por unidad de .....

[rapidez; tiempo]

11. El cambio de rapidez por unidad de tiempo se llama aceleración media. Medimos la aceleración media con la razón .....

[$\Delta v/\Delta t$]

12. Panel 5, Fig. 1. Calculamos la pendiente de esta curva con la razón $\Delta v/\Delta t$. La pendiente de una curva en una gráfica .....-..... del movimiento, representa la .... en el intervalo Δt.

[rapidez-tiempo; aceleración media]

13. Definimos la aceleración media como el .... (*Complete esta oración.*)

Hagamos que a represente a la aceleración media. Entonces $a =$ .....

[cambio de rapidez por unidad de tiempo; $\Delta v/\Delta t$]

14. Puesto que $a = \Delta v/\Delta t$, las unidades para medir la aceleración son unidades de ..... divididas entre unidades de .....

[rapidez; tiempo]

15. cm/s (es/no es) unidad de aceleración.

$\frac{\text{cm/s}}{\text{h}}$ (es/no es) unidad de aceleración.

[no es; es]

16. $\frac{\text{m/h}}{\text{s}}$ es una unidad de (rapidez/aceleración).

$\frac{\text{cm/s}}{\text{h}}$ es una unidad de (rapidez/aceleración).

[aceleración; aceleración]

17. Panel 5, Fig. 1. La pendiente de esta curva es (constante/variable). La gráfica nos muestra que al avanzar el tiempo, la ..... aumenta.

[constante; rapidez]

18. Panel 5, Fig. 1. La aceleración media representada por la pendiente, es (constante/variable). Puesto que la rapidez aumenta con el tiempo, la aceleración media es (positiva/negativa).

[constante; positiva]

19. Panel 5. Examine la Fig. 2. Al avanzar el tiempo, la rapidez .... Esta curva es una línea recta. Por lo tanto, la pendiente y la aceleración representadas son ambas (positivas/negativas) y (constantes/variables).

[disminuye; negativas; constantes]

20. Panel 5. Calcule la aceleración del movimiento representado gráficamente en la Fig. 2. Use $t_1 = 0$ s y $t_2 = 25$ s.

[$\bar{a} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

$\bar{a} = \dfrac{0 \text{ km/h} - 20 \text{ km/h}}{25 \text{ s} - 0 \text{ s}} = \dfrac{20 \text{ km/h}}{25 \text{ s}}$

$\bar{a} = -0.8 \dfrac{\text{km/h}}{\text{s}}$]

21. Una aceleración media negativa indica que al aumentar Δt, la rapidez (aumenta/disminuye).

[disminuye]

22. Una aceleración de $5 \dfrac{\text{m/h}}{\text{s}}$ indica que la rapidez está (aumentando/disminuyendo) a razón de 5 ..... por ....

[aumentando; m/h; s]

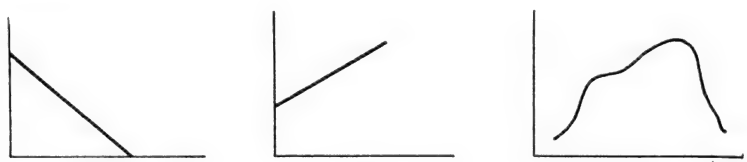
23. Una aceleración de $-10 \dfrac{\text{cm/min}}{\quad}$ indica que la rapidez está (aumentando/disminuyendo) a razón de ..... por ....

[disminuyendo; 10 cm/min; s]

24. En una gráfica rapidez-tiempo del movimiento, un aumento en la rapidez mostrará una pendiente (positiva/negativa).

[positiva]

25.



Estas tres gráficas son de rapidez-tiempo. ¿Cuál de ellas ilustra:
(1) aceleración constante y negativa? .....
(2) aceleración constante y positiva? .....

[(1) *a*; (2) *b*]

26. Panel 5. Refiérase a la Fig. 3. Aquí la rapidez está medida en ..... (*unidades*) y el tiempo en ... (*unidades*). La aceleración se medirá en ..... (*unidades*).

[m/s; s; $\frac{\text{m/s}}{\text{s}}$]

27. Las unidades de aceleración como $\frac{\text{m/s}}{\text{s}}$ aparecen comúnmente en la física y se abrevian generalmente así: m/s^2. $\frac{\text{cm/s}}{\text{s}}$ se abreviarán así: .....

[cm/s^2]

28. Panel 5, Fig. 3. Calcule la aceleración durante el intervalo de 1 s a 3.5 s.

[$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$\bar{a} = \frac{35\text{ m/s} - 10\text{ m/s}}{3.5\text{ s} - 1\text{ s}} = \frac{25\text{ m/s}}{2.5\text{ s}}$

$\bar{a} = 10\text{ m/s}^2$]

29. Panel 5, Fig. 3. Observe que en el intervalo de 0 s a 1 s la curva es paralela a la escala del tiempo. Esto significa que (hay/no hay) cambio en la rapidez durante este intervalo.

[no hay]

30. Panel 5, Fig. 3. Si no hay cambio en la rapidez durante el intervalo de 0 a 1 s, entonces, la ..... durante este intervalo es cero.

[aceleración]

31. Panel 5, Fig. 3. Durante el intervalo de 0 a 1 s la rapidez es de .... m/s. Una aceleración cero (indica/no necesariamente indica) una rapidez cero.

[10; no necesariamente indica]

32. Una aceleración de valor cero significa únicamente que la rapidez es (constante/variable) en el intervalo bajo consideración.

[constante]

33. Panel 5, Fig. 3. En el intervalo de 3.5 a 5.5 s, la rapidez es de ..... (*número*), y la aceleración es de ..... (*número*).

[35 m/s; 0 ó 0 m/s^2]

34. Panel 5, Fig. 3. Durante el intervalo de 1 a 3.5 s la aceleración media es (constante/variable) y (positiva/negativa).

[constante; positiva]

35. Panel 5, Fig. 3. Durante el intervalo de 5.5 a 7 s, la aceleración media es ..... y .....

Calcule la aceleración media para este intervalo.

[*En cualquier orden:* constante, negativa;

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{0 - 35 \text{ m/s}}{7 \text{ s} - 5.5 \text{ s}} = \frac{-35 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}}$$

$$\bar{a} = -23.3 \text{ m/s}^2]$$

Sección 7. Movimiento uniformemente acelerado

Deducción de las ecuaciones generales del movimiento uniformemente acelerado.

$$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$$
$$v_2^2 - v_1^2 = 2ad$$
$$d = \tfrac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$$

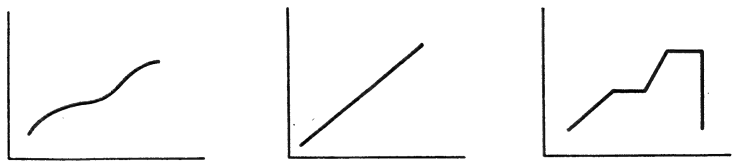
1. La pendiente de una línea recta es (uniforme/no uniforme).

[uniforme]

2. En una gráfica rapidez-tiempo, una línea recta indica una aceleración (constante/variable).

[constante]

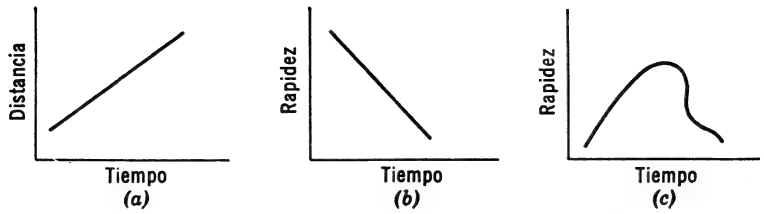
3.



Cada una de estas es una curva rapidez-tiempo del movimiento. A la aceleración constante con frecuencia se le llama aceleración *uniforme*. ¿Cuál de estas curvas indica aceleración uniforme (*a*), (*b*) o (*c*)? ....

[(*b*)]

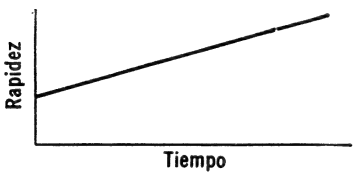
4.



¿Cuál de las curvas anteriores describe un *movimiento uniformemente acelerado*? ¿(*a*), (*b*) o (*c*)? .....

[(*b*), (*a*) es una curva distancia-tiempo y describe una rapidez uniforme, *no* una aceleración uniforme]

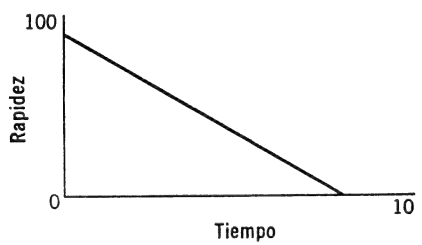
5.



Esta es una gráfica de movimiento .....mente acelerado.

[uniforme(mente)]

6.



Aquí la rapidez (aumenta/disminuye) con el tiempo. Este es un ejemplo de aceleración (positiva/negativa), que también es (uniforme/variable).

[disminuye; negativa; uniforme]

7. En una gráfica rapidez-tiempo de movimiento uniformemente acelerado, la curva es una línea ..... y su pendiente es .....

[recta; uniforme, constante]

8. Todo movimiento que muestre una aceleración constante, se dice que es un .....

[movimiento uniformemente acelerado]

9. El movimiento uniformemente acelerado es aquel en el cual el .... de ..... por unidad de tiempo, es .....

[cambio (de) rapidez; constante, uniforme]

10. El movimiento uniformemente acelerado es especialmente importante en la física, debido a que muchos tipos de movimiento que estudian los físicos se aproximan mucho a la aceleración uniforme. En seguida se da una tabla que relaciona la rapidez de una pelota rodando hacia abajo en un plano, con el tiempo que ha estado rodando. Complete la tabla:

t	0	1	2	3	4	5	s
v	0	5	10	15			m/s

¿Qué tipo de movimiento describe? Explíquelo: ....

[

4	5
20	25

;

Uniformemente acelerado, debido a que el aumento de rapidez (5 m/s) es constante para cada unidad de tiempo (1 s).]

11. Examine el panel 6. La letra en la esquina superior derecha es una .....

[P]

12. Panel 6. Esta es una gráfica .....-tiempo del movimiento. La línea XY describe un movimiento ....

[rapidez; uniformemente acelerado]

13. Panel 6. Puesto que la pendiente de XY no cambia, las aceleraciones media e instantánea son (siempre las mismas e igual una a la otra/a veces iguales una a la otra/diferentes la una a la otra en todos los puntos).

[siempre las mismas e igual la una a la otra]

14. Panel 6. Por lo tanto, todo lo que digamos acerca de la aceleración en esta gráfica, se referirá (solamente a la aceleración instantánea/a la aceleración media e instantánea/solamente a la aceleración media).

[a la aceleración media e instantánea]

15. Panel 6. Puesto que aquí estamos tratando con movimiento uniformemente acelerado, la ecuación para la aceleración media se aplica igualmente a la aceleración instantánea. Usaremos a para representar a cualquiera de ellas; por lo tanto, $a =$ .....

[$\frac{\Delta v}{\Delta t}$]

16. Panel 6.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

pero $\Delta t = t_2 - t_1$ y $\Delta v =$ .....

por lo tanto, $a =$ $\frac{\text{.....}}{\text{.....}}$

[$v_2 - v_1$;
$\frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$]

17. Panel 6.

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Multiplicando ambos miembros por $(t_2 - t_1)$:

$$a \times (t_2 - t_1) = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \times (t_2 - t_1)$$

El resultado es: $v_2 - v_1 =$ .....

[$a(t_2 - t_1)$ o bien $a \times (t_2 - t_1)$ (Omitiremos el signo $(\times)$]

18. Hemos mostrado que ..... $= a(t_2 - t_1)$ para cualquier movimiento .....

[$v_2 - v_1$; uniformemente acelerado]

19. Puesto que $v_2 - v_1 = \Delta v$, y $t_2 - t_1 = \Delta t$.
$\Delta v = a$ .....

[Δt]

20. Repasemos esta deducción:
(1) Para un movimiento uniformemente acelerado: ..... $=$ $= \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$
(2) Multiplicamos ambos miembros por $(t_2 - t_1)$ y simplificando: $v_2 - v_1 =$ .....
(3) o bien, usando Δt y Δv, ... $=$ .....

[a
$a(t_2 - t_1)$
$\Delta v = a\,\Delta t$]

21. Panel 6. La distancia recorrida en el intervalo de t_1 a t_2 está representada por el ..... del trapezoide .....

[área; $ABCD$]

22. Panel 6.
El área de $ABCD$ es $= \frac{1}{2}$ ..... (*Complete la fórmula, usando las letras del panel A, B, C, D,* etcétera.)

[$(AB)(BC + AD)$]

23. Panel 6.
Area de $ABCD = \frac{1}{2}(AB)(BC + AD)$
$AB = t_2 - t_1$
$AD = v_1$
$BC =$ .....

[v_2]

24. Panel 6.
Area de $ABCD = \frac{1}{2}(AB)(BC + AD)$
sustituyendo d, t_1, t_2, v_1 y v_2 en sus respectivos lugares, obtenemos $d =$ .....

[$\frac{1}{2}(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)$]

25. Puesto que $t_2 - t_1 = \Delta t$, tenemos: ....., mientras estemos tratando con movimiento ....

[$d = \frac{1}{2}\Delta t(v_2 + v_1)$
uniformemente acelerado]

26. Panel 6.
(1) $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)$
(2) También hemos encontrado que $v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
(3) Dividiendo ambos miembros de (2) entre a, obtenemos: $t_2 - t_1 =$ .....

[$\dfrac{v_2 - v_1}{a} = \dfrac{a(t_2 - t_1)}{a}$

$t_2 - t_1 = \dfrac{v_2 - v_1}{a}$]

27. Panel 6.
(1) $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)$
(2) $t_2 - t_1 = \dfrac{v_2 - v_1}{a}$
(3) sustituyendo $(t_2 - t_1)$ en (1), con el valor que tiene en (2), el resultado es: $d =$ .....

[$\frac{1}{2}\left(\dfrac{v_2 - v_1}{a}\right)(v_2 + v_1)$]

28. $d = \frac{1}{2}\frac{(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)}{a}$ o bien: $d = \frac{(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)}{\qquad}$

[$2a$]

29. Panel 6.

$$d = \frac{(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)}{2a}$$

Multiplicando ambos miembros por $2a$, el resultado es:
$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) =$ .....

[$2ad$]

30. El producto $(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)$, efectuando la multiplicación, nos da .....

[$v_2^2 - v_1^2$]

31. $(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = 2ad$, por lo tanto,
$v_2^2 - v_1^2 =$ .....

[$2ad$]

32. Cuando estamos tratando con movimiento uniformemente acelerado, ¿qué ecuación relaciona v_1, v_2, a, y d, en el intervalo de t_1 a t_2? .....

[$v_2^2 - v_1^2 = 2ad$]

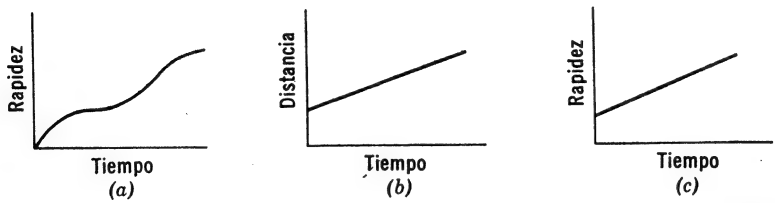
33. Bajo la misma condición, ¿qué ecuación relaciona a y Δv en el intervalo Δt? .....

[$\Delta v = a\Delta t$]

34. Bajo la misma condición, ¿qué ecuación relaciona v_1, v_2, a, t_2 y t_1? .....

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$]

35.



¿A cuál de estas gráficas se pueden aplicar las ecuaciones que se acaba de deducir? .....
.....

[(c); (a) no es movimiento uniformemente acelerado, y (b) no es una gráfica rapidez-tiempo]

36. Busquemos ahora una ecuación d, en términos de a, v_1, t_2 y t_1. En el marco 24 encontramos que $d =$ .....

[$(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)$]

37. Panel 6.
(1) $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)$
(2) $v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
(3) Sumando v_1 a ambos miembros de (2) el resultado es: $v_2 =$ .....

[$a(t_2 - t_1) + v_1$]

38. Panel 6.
(1) $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)$
(2) $v_2 = a(t_2 - t_1) + v_1$
(3) Sustituyendo v_2 en (1), por el miembro derecho de (2), el resultado es $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)$ .....

[$a(t_2 - t_1) + 2v_1$]

39. $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)[a(t_2 - t_1) + 2v_1]$
Multiplicando $\frac{1}{2}(t_2 - t_1) \times a(t_2 - t_1)$, y:
$\frac{1}{2}(t_2 - t_1) \times 2v_1$, tenemos que:
$\frac{1}{2}(t_2 - t_1) \times a(t_2 - t_1) = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^{-}$ y:
$\frac{1}{2}(t_2 - t_1) \times 2v_1 = v_1$ (.....)

[^{2}; $(t_2 - t_1)$]

40. Repasando esta derivación:
(1) $d = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)(v_2 + v_1)(v_2 + v_1)$
(2) $v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
(3) $v_2 =$ ..... de (2)
(4) Por lo tanto, $d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)$ .....
(5) $d = \frac{1}{2}a$ ..... + ...

[La ecuación completa debe ser:
(3) $v_2 = a(t_2 - t_1) + v_1$
(4) $d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)\,a(t_2 - t_1) + 2v_1$
(5) $d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$]

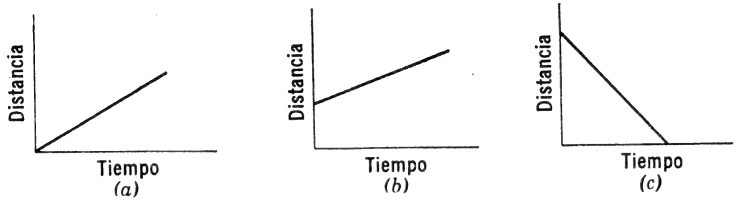
41. Ahora hemos deducido una ecuación que relaciona las variables d, t_1, t_2, v_1 y a. Esta ecuación es: $d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$.
Sustituyendo $\Delta t = t_2 - t_1$, obtenemos $d =$ .....

[$\frac{1}{2}a(\Delta t)^2 + v_1\Delta t$]

42. La mitad inferior del panel 6 es un resumen de las ecuaciones que acabamos de deducir. Es importante recordar que estas ecuaciones se dedujeron de una gráfica .....-tiempo del movimiento, y se aplican sólo al .....

[rapidez; movimiento uniformemente acelerado]

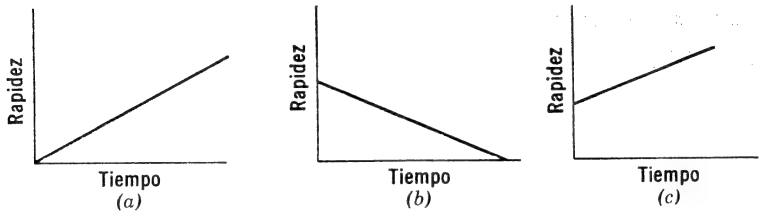
43.



¿A cuál de estas gráficas se aplican las ecuaciones recién deducidas? .....

[A ninguna, pues todas ellas son gráficas distancia-tiempo]

44.



¿A cuál de estas gráficas se aplican las ecuaciones que acabamos de deducir? .....
.....

[(*a*), (*b*) y (*c*). Todas ellas son gráficas rapidez-tiempo de movimiento uniformemente acelerado]

Sección 8. Problemas sobre movimiento uniformemente acelerado

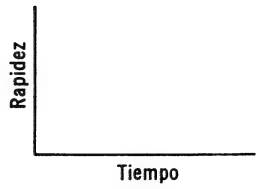
1. Vea el panel 7. La letra que está en la esquina superior derecha es una .....

[D]

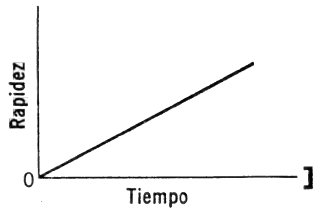
2. Panel 7, problema 1. El movimiento descrito en este problema (es/no es) uniformemente acelerado. La aceleración comienza a partir del ...., es decir, cuando v_1 = ...

[es; reposo; 0]

3. Panel 7. Lea cuidadosamente el problema 1. Haga un dibujo aproximado de una gráfica rapidez-tiempo de este movimiento.



[Su gráfica debe ser una línea recta que comience en $v = 0$ y $t = 0$.



]

4. Panel 7, problema 1.
Sea $t_1 = 0$ s; entonces $t_2 =$ ..... s
Tenemos los datos: $v_1 =$ ..... m/s
$a =$ ..... m/s^2
En (a), la incógnita es (d/v_2)

[10; 0; 1.5; v_2]

5. Panel 7, problema 1. En el panel 6 escoja la fórmula que relaciona a v_2 con v_1, a, t_2 y t_1. .....

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$]

6. Panel 7, problema 1. Calcule la respuesta al inciso (a). Desarrolle e indique la ecuación que usó.

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$v_2 - 0 = 1.5$ m/s^2 (10 s − 0 s)
$v_2 = 1.5$ m/s^2 (10 s)
$v_2 = 15$ m/s]

7. Panel 7, problema 1. Examine la pregunta (b). ¿Qué ecuación relaciona la distancia recorrida con la *aceleración*, el *tiempo* y la *rapidez*? .....

[$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$]

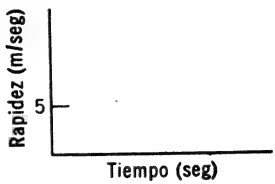
8. Panel 7, problema 1(b).
$d =$ .....
Muestre la ecuación y su trabajo.

[$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d = \frac{1}{2}(1.5$ m/s$^2)$ (10 s − 0 s^2 + 0(10 s − 0 s)
$d = \frac{1}{2}(1.5)\,(10)^2$ m
$d = \frac{1}{2}(1.5)\,(100)$ m
$d = 75$ m]

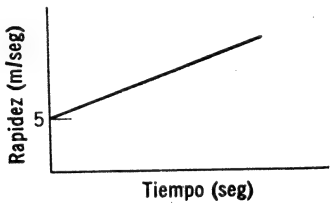
9. Panel 7, problema 2. Cuando comienza el movimiento uniformemente acelerado, el tren (está/no está) en reposo. Si hacemos $t_1 = 0$, entonces $v_1 =$ ..... m/s.

[no está; 5]

10. Panel 7, problema 2. Haga un dibujo aproximado en una gráfica como ésta:



[La gráfica debe ser una línea recta con pendiente positiva:



En $t = 0$, v debe ser de 5 m/s]

11. Panel 7, problema 2. En la parte (a) hemos escogido $t_1 = 0$ y $v_1 = 5$ m/s. Tenemos los datos $a =$ ....., $t_2 =$ ....., y se nos pide encontrar ....

[2 m/s^2; 8 s; v_2]

12. Panel 7, problema $2(a)$. Escoja una ecuación que relacione las variables presentes y encuentre la respuesta a (a).

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$v_2 - 5$ m/s $= 2$ m/s^2 (8 s $-$ 0 s)
$v_2 = 16$ m/s $+ 5$ m/s
$v_2 = 21$ m/s]

13. Panel 7, problema 2. Ahora considere la parte (b). La longitud de la bajada es la ..... recorrida cuando el tren está uniformemente acelerado. El tiempo durante el cual tiene lugar esta aceleración es de .... s.

[distancia; 8]

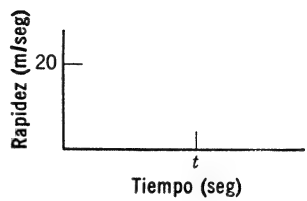
14. Panel 7, problema $2(b)$. Escoja una ecuación que relacione las variables presentes y resuelva $2(b)$.

[$d = \frac{1}{2}a(t^2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d = \frac{1}{2}(2$ m/s$^2)$ (8 s $-$ 0 s)$^2 + 5$ m/s (8 s $-$ 0 s)
$d = \frac{1}{2}(2$ m/s$^2)$ (64 s^2) + (5 m/s) (8 s)
$d = 62$ m $+ 40$ m
$d =$ **104 m**]

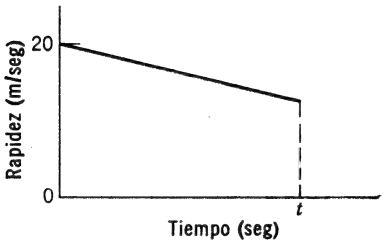
15. Panel 7. Lea el problema 3. La rapidez del tren (aumenta/disminuye) en 2 ..... por cada segundo que permanece en la subida.

[disminuye; m/s]

16. Panel 7, problema 3. Haga un dibujo aproximado de una gráfica rapidez-tiempo del movimiento descrito en este problema.



[Debe ser una línea recta con pendiente negativa:



Comenzando en $v_1 = 20$ m/s]

17. Panel 7, problema 3. Suponga que la aceleración uniforme comienza en $t_1 = 0$ s. Entonces, $v_1 =$ .....

[20 m/s]

18. Panel 7, problema 3. La aceleración en la subida es de .....

[-2 m/s^2 (no olvide el signo menos)]

19. Panel 7, problema 3. Considere (a):
Si $t_1 = 0$ s, entonces $t_2 =$ .... s
$v_1 = 20$ m/s, y nuestra incógnita es ....

[6; v_2]

20. Panel 7, problema 3(a). Resuelva 3(a).

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$v_2 - 20$ m/s $= -2$ m/s^2 (6 s $-$ 0 s)
$v_2 - 20$ m/s $= -12$ m/s
$v_2 = 12$ m/s $+ 20$ m/s
$v_2 = 8$ m/s]

21. Panel 7, problema 3. Resuelva (b).

[$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d = \frac{1}{2}(-2$ m/s$^2)(6$ s $- 0$ s$)^2 + 20$ m/s (6 s $- 0$)
$d = \frac{1}{2}(-2$ m/s$^2)(36$ s$^2) + (20$ m/s$)(6$ s$)$
$d = -36$ m $+ 120$ m
$d =$ **84 m**]

22. Panel 7, problema 3. Considere la parte (c). Al principio de la subida $v_1 = 20$ m/s. Algún tiempo después, el tren queda en .....

En este momento, al que llamaremos t_2, $v_2 =$ ..... m/s.

[reposo; 0 ó cero]

23. Panel 7, problema $3(c)$. Tenemos los siguientes datos:

$a =$ .....

$v_1 =$ .....

$v_2 =$ ..... Hagamos $t_1 = 0$.

Debemos encontrar ..... (*una letra*).

[-2 m/s^2; 20 m/s; 0 m/s; t_2]

24. Panel 7, problema $3(c)$. Seleccione una ecuación que relacione estas cantidades y resuelva el inciso (c).

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$0 - 20$ m/s $= -2$ m/s^2 $(t_2 - 0$ s$)$
-20 m/s $= -2$ m/s^2 (t_2)
$t_2 = (-20$ m/s$) \div (-2$ m/s$^2)$
$t_2 =$ **10 s**]

25. Panel 7. Lea el problema 4. Se nos da $a =$ ..... Si $t_1 = 0$ cuando se deja caer el objeto, entonces $t_2 =$ ..... s cuando el objeto toca la tierra.

$v_1 =$ ..... m/s

En la parte (a) de este problema, la incógnita es ..... (*una letra*).

[9.8 m/s^2; 5; 0; d]

26. Panel 7, problema $4(a)$. Diga usted si la aceleración es positiva o negativa. .....

[Positiva, debido a que un objeto que cae aumenta su velocidad con el tiempo]

27. Panel 7, problema 4. Resuelva (a). Desarrolle e indique la ecuación que usó.

[$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d = \frac{1}{2}(9.8$ m/s$^2)(5$ s $- 0$ s$)^2 + 0$ m/s. $(5$ s $- 0$ s$)$
$d = \frac{1}{2}(9.8$ m/s$^2)(25$ s$^2)$
$d =$ **122.5 m**]

28. Panel 7, problema 4. En (b), t_2 vale .... s.

[3]

29. Panel 7, problema 4(b). Calcule la rapidez de la piedra después de 3 s.

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$v_2 - 0$ m/s $= 9.8$ m/s^2 (3 s $-$ 0 s)
$v_2 = 9.8$ m/s$^2 \times 3$ s
$v_2 = 29.4$ m/s

30. Panel 7, problema 4. Considere la parte (c). Sea $d_{2\,s}$ = altura de caída a los dos segundos, y $d_{4\,s}$ = altura de caída a los 4 s. La altura de caída en el intervalo de 2 a 4 s es = ... (*Use únicamente símbolos*).

[$d_{4\,s} - d_{2\,s}$]

31. Panel 7, problema 4(c).

$d_{4\,s}$ = ...

[$d_{4\,s} = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d_{4\,s} = \frac{1}{2}(9.8$ m/s$^2)(4$ s $- 0$ s$)^2 +$ m/s (4 s $-$ 0 s)
$d_{4\,s} = \frac{1}{2}(9.8$ m/s$)(16$ s$^2)$
$d_{4\,s} = 78.4$ m]

32. Panel 7, problema 4(c).

$d_{2\,s}$ = ... m

[$d_{2\,s} = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d_{2\,s} = \frac{1}{2}(9.8$ m/s$^2)(2$ s $- 0$ s$)^2 + 0$ m/s (2 s $-$ 0 s)
$d_{2\,s} = \frac{1}{2}(9.8$ m/s$^2)(4$ s$^2)$
$d_{2\,s} =$ **19.6 m**]

33. Panel 7, problema 4(c). Diga cuál es la altura de caída en el intervalo 2–4 s.

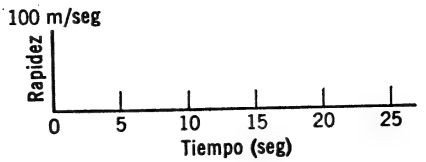
[$d_{2\text{-}4\,s} = d_{4\,s} - d_{2\,s}$
$d_{2\text{-}4\,s} = 78.4$ m $- 19.6$ m
$d_{2\text{-}4\,s} =$ **58.8 m**]

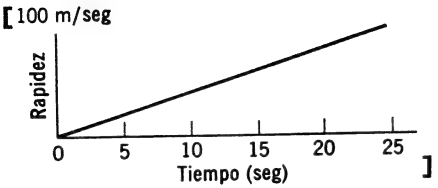
34. Panel 7. Reflexione sobre el problema 4(d) antes de contestar.

$a_{\text{durante el 4o. s}}$ = ... m/s^2

[9.8 m/s^2 (en movimiento uniformemente acelerado, la aceleración es *constante*]

35. Panel 7. Lea el problema 5. Dibuje una gráfica rapidez-tiempo del movimiento en este par de ejes.



[

]

36. Panel 7, problema 5.
Sea $t_1 = 0$. Entonces, $t_2 =$ ..... s.
$v_1 =$ ..... y $v_2 =$ ..... m/s
Nuestra incógnita en la parte (a) es ..... (*símbolo*).

[25; 0; 100; a]

37. Panel 7, problema 5(a).
Resuelva (a). Muestre la ecuación usada y el desarrollo.

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$100 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s} = a(25 \text{ s} - 0 \text{ s})$
$100 \text{ m/s} = a(25 \text{ s})$
$a = 100 \text{ m/s} \div 25 \text{ s}$
$a = 4 \text{ m/s}^2$

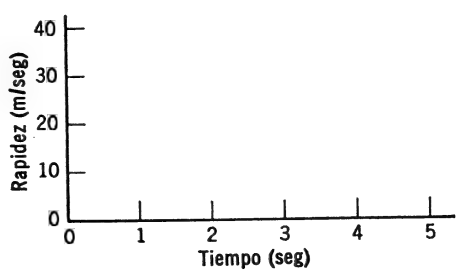
38. Panel 7, problema 5(b). Para 25 s, la partícula ha recorrido .....

[$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d = \frac{1}{2}(4 \text{ m/s}^2)(25 \text{ s} - 0 \text{ s})^2 + 0 \text{ m/s } (25 \text{ s} - 0 \text{ s})$
$d = \frac{1}{2}(4 \text{ m/s}^2)(625 \text{ s}^2)$
$d =$ **1250 m**]

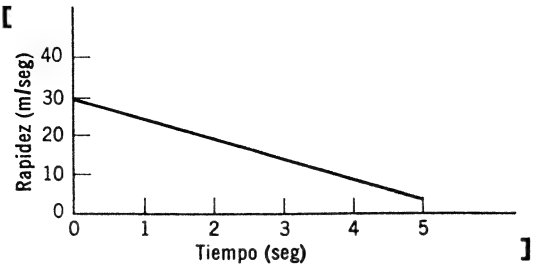
39. Panel 7. Lea el problema 6. En este problema, la aceleración es ..... y .....

[*En cualquier orden:* uniforme o constante; negativa]

40. Panel 7. Use los ejes ilustrados aquí para dibujar la gráfica del movimiento descrito en el problema 6.



[



]

41. Panel 7, problema 6(*a*).
Sea $t_1 = 0$ s, $t_2 =$ ..... s
$v_1 =$ ..... m/s
$v_2 =$ ..... m/s

[5; 30; 5]

42. Panel 7, problema 6(*a*). Diga qué ecuación relaciona estas variables con la incógnita de (*a*) .....

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$]

43. Panel 7, problema 6(*b*). Calcule la aceleración.

[$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$
$5 \text{ m/s} - 30 \text{ m/s} = a(5 \text{ s} - 0 \text{ s})$
$-25 \text{ m/s} = (5 \text{ s})a$
$a = -5 \text{ m/s}^2$ (no olvide el signo menos)]

44. Panel 7, problema 6. Lea la parte (*b*). Tenemos valores para v_1, v_2, t_2, t_1 y a, pero no podemos relacionar todos estos con d en una sola ecuación. Sin embargo, hay dos ecuaciones que relacionan nuestra incógnita con algunas de estas variables. ¿Cuáles son estas ecuaciones? .....
.....

[nuestra incógnita es d.
$v_2^2 - v_1^2 = 2ad$
$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$]

45. Panel 7, problema 6(*b*). Use cualquiera de las dos ecuaciones para resolver 6(*b*).

[$v_2^2 - v_1^2 = 2ad$
$(5 \text{ m/s})^2 - (30 \text{ m/s})^2 = 2(-5 \text{ m/s}^2)d$
$25 \text{ m}^2/\text{s}^2 - 900 \text{ m}^2/\text{s}^2 = (-10 \text{ m/s}^2)d$
$d = (-875 \text{ m}^2/\text{s}^2) \div (-10 \text{ m/s}^2)$
$d = 87.5 \text{ m}$
o bien:
$d = \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$
$d = \frac{1}{2}(-5 \text{ m/s}^2)(25 \text{ s}^2) + 30 \text{ m/s} (5 \text{ s})$
$d = c(-62.5 \text{ m}) + (150 \text{ m}) = 87.5 \text{ m}$

PROBLEMAS

1.

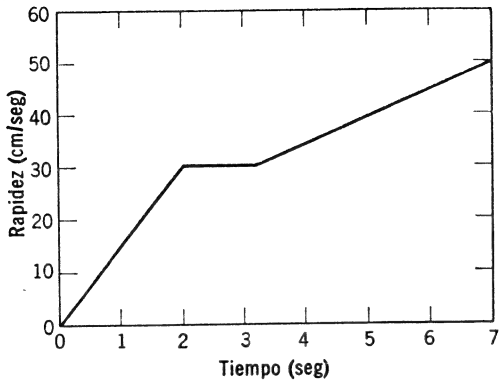


FIG. P2-1

En la Fig. P2-1, ¿Cuál es la distancia recorrida: (*a*) de 0 a 2 s?, (*b*) de 2 a 3 s?, (*c*) de 0 a 7 s?

2.

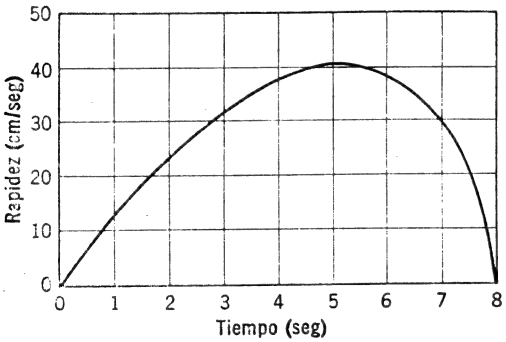


FIG. P2-2

En la Fig. P2-2, ¿Qué distancia representa cada cuadro?

3. En la Fig. P2-2, estime la distancia recorrida: (*a*) de 0 a 4 s, (*b*) de 2 s a 7 s, (*c*) de 0 a 8 s.

4.

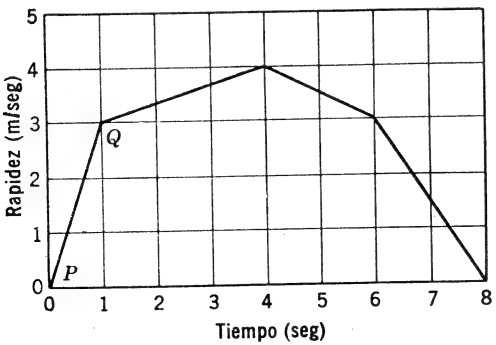


FIG. P2-3

(*a*) En la Fig. P2-3, ¿Cuál es la pendiente de la línea *PQ*?, (*b*) ¿Cuál es la rapidez en el intervalo de 0 a 1 s?, (*c*) ¿Cuál es la rapidez en el intervalo de 1 a 4 s?, (*d*) ¿Cuál es la rapidez entre 4 y 6 s?, (*e*) ¿Cuál es la rapidez *media* de 0 a 4 s?, (*f*) Si el objeto se mueve de Este a Oeste entre 0 y 4 s, ¿Cómo se mueve entre 4 y 8 s?

5.

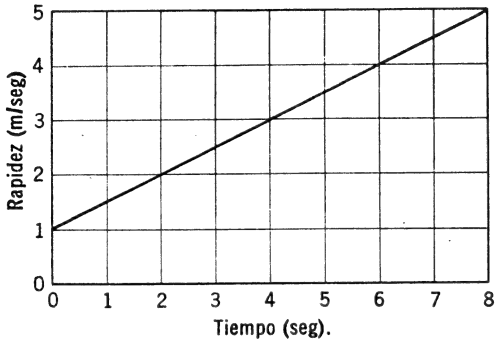


FIG. P2-4

(*a*) En la Fig. P2-4, ¿Cuál es la aceleración?, (*b*) ¿Cuál es el cambio de rapidez de 2 a 6 s?, (*c*) ¿Cuál es la distancia recorrida entre 5 y 8 s?, (*d*) Suponga que el objeto continúa moviéndose con la misma aceleración: calcule su rapidez a los 20 s, (*e*) ¿Qué distancia recorre el objeto cuando está siendo acelerado en esta forma durante 12 s?

6. Un objeto que se mueve con la rapidez de 100 cm/s es desacelerado a razón de 5 cm/s^2 durante 12 s, (*a*) dibuje una gráfica rapidez-tiempo de su movimiento, (*b*) calcule su rapidez después de que la fuerza desaceleradora haya actuado durante 5 s, (*c*) calcule la distancia recorrida, después de 5 s de que haya estado actuando la fuerza desaceleradora, (*d*) calcule la velocidad después de 8 s, (*e*) ¿Cuál es la rapidez al retirar la fuerza desaceleradora?, (*f*) ¿Qué distancia recorrió el objeto durante el tercer segundo de la desaceleración?

7. Un objeto que está cerca de la superficie de la Tierra es acelerado hacia ella a razón de 9.8 s^2, (*a*) ¿Qué distancia recorre el objeto en 2 s, a partir de la posición o estado de reposo?, (*b*) ¿Qué distancia recorre al caer durante 5 s, a partir del estado de reposo?, (*c*) ¿Qué velocidad llevará después de 3.2 s?

8. (*a*) Dibuje la gráfica del siguiente movimiento: Un objeto es acelerado, a partir del reposo, a razón de 2 m/s^2 durante 15 s. A partir de ese momento, se mueve con rapidez constante durante 12 s; entonces se encuentra una fuerza retardadora que lo desacelera a razón de 4 m/s^2 hasta que queda en estado de reposo, (*b*) calcule la distancia recorrida en los primeros 15 s, (*c*) calcule la rapidez al final de los primeros 15 s, (*d*) calcule la distancia recorrida en los primeros 27 s; (*e*) calcule el tiempo total durante el cual la partícula está en movimiento, (*f*) calcule la distancia recorrida por la partícula, mientras está en movimiento.

CAPITULO 3

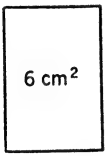
VECTORES, FUERZAS Y LEYES DE NEWTON DEL MOVIMIENTO

Sección 1. Cantidades escalares y vectoriales

1. *A*——————————————————*B*

Siempre que medimos una cantidad física, encontramos su *magnitud.* La longitud de *AB* tiene una ..... de 7 cm.

[magnitud]

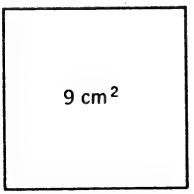
2. 

La magnitud de una cantidad física siempre se expresa mediante un *número de veces* una *cantidad de medición.* ¿La ..... del área de este rectángulo es de 6 cm²? La unidad de medida en 6 cm² es el .....

[magnitud; cm²]

3. La rapidez de un automóvil es de 60 kilómetros por hora. La magnitud de la rapidez se expresa como el ..... (60) de veces una .... (kilómetros por hora).

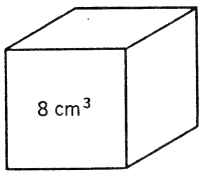
[número; unidad de medida]

4. 

La magnitud del área de este cuadrado es de ..... Consiste de un ..... (9) de veces una .... (cm²).

[9 cm²; número; unidad de medida]

5.



"cm^3" es un(a) (magnitud/número/unidad de medida);
"8 cm^3" es una (magnitud/número/unidad de medida).

[unidad de medida; magnitud]

6. La masa, la longitud, el tiempo, el área, la velocidad, la aceleración, son cantidades físicas. Siempre que *medimos* una de éstas, estamos encontrando su .....

[magnitud]

7. Para encontrar la magnitud de una cantidad física, debemos .... La magnitud de cualquier cantidad física se expresa como .... (*Complete la oración.*)

[medirla; el número de veces una unidad de medida]

8. "30 kilómetros" es una medida de distancia. "30 kilómetros *hacia el oeste*" es una medida de desplazamiento. Ambas tienen una ..... de 30 kilómetros. Sin embargo, el desplazamiento también incluye la ..... en que se mide.

[magnitud; dirección]

9. "40 kph" es una medida de rapidez. "20 kph hacia el sureste" es una medida de *velocidad*. Ambas tienen magnitud. ¿Cuál de las dos tiene dirección? ..... (la rapidez o la velocidad).

[la velocidad]

10. "35 km/h hacia el oeste" es una *velocidad*.
"35 km hacia el oeste" es un *desplazamiento*.
"75 km hacia el sur" es un(a) (*velocidad/desplazamiento*).

[desplazamiento]

11. De la lista que está abajo, diga cuál es:

1. Una velocidad .....
2. Una rapidez .....
3. Un desplazamiento .....
4. Una magnitud .....
5. Una dirección .....

(30 kilómetros) / (30 kilómetros hacia el norte) / (30 km/h hacia el norte) / (30 km/h) / (norte).

[1. 30 km/h hacia el norte; 2. 30 km/h; 3. 30 km hacia el norte; 4. 30 km; 5. norte]

12. "300 km hacia el sur" es una medida de desplazamiento. Consiste de ..... y de .....

[*En cualquier orden:* magnitud; dirección]

13. Las cantidades que sólo tienen *magnitud* se llaman cantidades *escalares.* ¿Cuál de las siguientes es una cantidad escalar?
"90 m/s" ó "90 m/s hacia el norte" .....

[90 m/s]

14. Las cantidades *escalares* sólo tienen magnitud.
Las cantidades *vectoriales* tienen magnitud y dirección.
Identifique como *vectorial* o como *escalar,* cada una de las siguientes cantidades:

(*a*) 90 m/s hacia el norte .....
(*b*) 47 kilómetros .....
(*c*) 15 cm^3 .....
(*d*) 15 kph, 30° hacia arriba .....
(*e*) 32 m/s^2 hacia el centro de la Tierra .....

[(*a*) vector; (*b*) escalar; (*c*) escalar; (*d*) vectorial; (*e*) vectorial]

15. Las cantidades escalares sólo tienen .....

[magnitud]

16. La masa, el volumen, el área y los intervalos de tiempo tienen sólo magnitud. Son cantidades .....

[escalares]

17. Las cantidades que tienen *tanto* magnitud como dirección son cantidades .....

[vectoriales]

18. La fuerza, la velocidad y la aceleración tienen magnitud y .... Por lo tanto, son .....

[dirección; cantidades vectoriales]

19. "5 kilómetros 30° hacia el suroeste", "10 kph hacia el noreste" y "9.8 m/s^2 hacia el centro de la Tierra" son cantidades ..... puesto que tienen ..... y .....

[vectoriales; *en cualquier orden:* magnitud, dirección]

20. "206 cm²" tiene (solamente magnitud/solamente dirección/magnitud y dirección). Es una cantidad .....

[solamente magnitud; escalar]

21. Hay dos clases de cantidades físicas. La medición de una cantidad escalar consiste de ....
La medición de una cantidad vectorial consiste de ..... y de .....

[magnitud únicamente; *en cualquier orden:* magnitud, dirección]

22. ¿Cuál es la diferencia que hay entre las cantidades vectoriales y las escalares? .....
.....

[Las cantidades escalares solamente tienen magnitud; las vectoriales tienen magnitud y dirección]

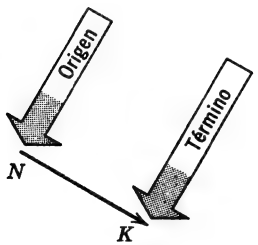
Sección 2. Vectores. Notación vectorial: Origen y término. Sumas vectoriales en una dimensión

1.

En este libro usamos una flecha (tal como TA en la figura) para representar una cantidad vectorial. Llamaremos vectores a tales flechas. Un ..... es una flecha que se usa para ..... una cantidad vectorial.

[vector; representar]

2.

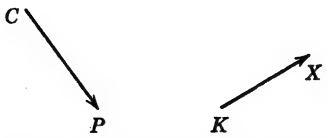


Los físicos usan flechas como NK llamadas ..... para representar cantidades .....

Llamaremos origen del vector a la cola de la flecha.

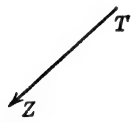
Llamaremos ..... del vector a la punta de la flecha.

[vectores; vectoriales; *término*]

3. 

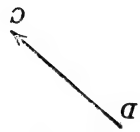
A la flecha de la izquierda la llamamos "vector *CP*", y se abrevia "$\overrightarrow{CP}$". La flecha de la derecha se llama "....." y se abrevia así: "....."

[vector KX; $\overrightarrow{KX}$]

4. 

$\overrightarrow{TZ}$ tiene su origen en el punto ....

[T]

5. 

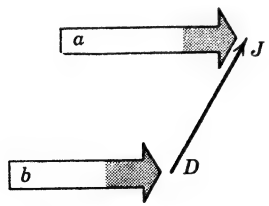
El punto D es el ..... de $\overrightarrow{DC}$.

[origen]

6.

B es el ..... de .....

[término; $\overrightarrow{PB}$ (no olvide la flecha)]

7. 

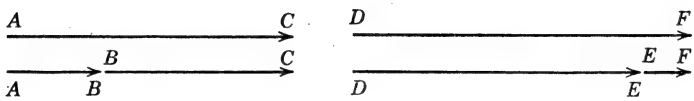
La flecha se llama (*c*) .....
y se escribe (*d*) .....

[*En los espacios de los diagramas:* (*a*) término, (*b*) origen; *en espacios dentro del texto:* (*c*) *vector DJ*, (*d*) $\overrightarrow{DJ}$]

8.

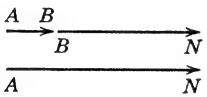
¿Qué es lo correcto, $\overrightarrow{AB}$ o $\overrightarrow{BA}$?

[$\overrightarrow{AB}$]

9. 

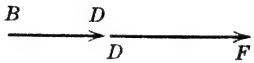
$\overrightarrow{AC}$ representa la *suma de los vectores* $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{BC}$ del diagrama de la izquierda. En el diagrama de la derecha, $\overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EF} =$ .....

[$\overrightarrow{DF}$]

10. 

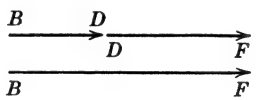
..... = ... + ...

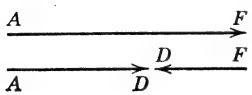
[$\overrightarrow{AN} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BN}$, o bien $\overrightarrow{AN} = \overrightarrow{BN} + \overrightarrow{AB}$]

11. 

Dibuje y rotule la suma de estos vectores.

..... = ...

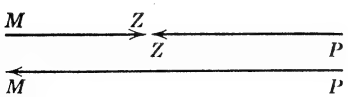
[$\overrightarrow{BF} = \overrightarrow{BD} + \overrightarrow{DF}$] 

12. 

$\overrightarrow{AD}$ es la .... de $\overrightarrow{AF}$ y $\overrightarrow{FD}$.

..... + ... = ...

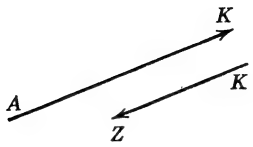
[suma vectorial; $\overrightarrow{AF} + \overrightarrow{FD} = \overrightarrow{AD}$]

13. 

..... = ...

[$\overrightarrow{PZ} = P\overrightarrow{M} + \overrightarrow{MZ}$]

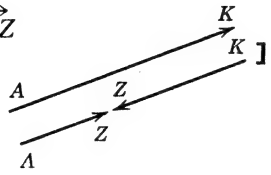
14.



Dibuje y rotule la suma de estos vectores.

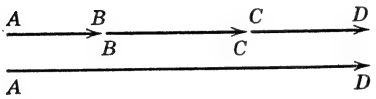
..... = ...

[$\overrightarrow{AZ} = \overrightarrow{AK} + \overrightarrow{KZ}$



]

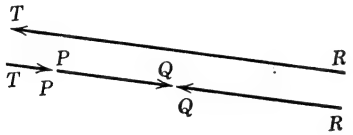
15.



La suma vectorial de dos o más vectores es un vector *único* que da el mismo resultado. ..... es el vector ..... que da el mismo resultado que los vectores ..... juntos.

[$\overrightarrow{AD}$; único; $\overrightarrow{AB}$, $\overleftarrow{BC}$ y $\overrightarrow{CD}$]

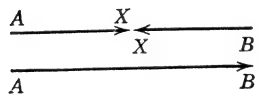
16.



..... = ... + ... + ...

[$\overrightarrow{RQ} = \overrightarrow{RT} + \overrightarrow{TP} + \overrightarrow{PQ}$]

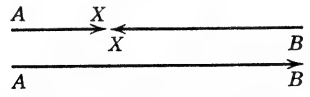
17.



..... es la ..... de $\overrightarrow{AB}$ y .....

[$\overrightarrow{AX}$; suma vectorial; $\overrightarrow{BX}$]

18.



¿Qué es correcto, I ó II?

$\boxed{\overrightarrow{AX} = \overrightarrow{BX} + \overrightarrow{AB}}$ I ó $\boxed{\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AX} + \overrightarrow{BX}}$ II

[I]

19. Un vector único que da el mismo resultado que dos o más vectores, se llama .... de estos vectores.

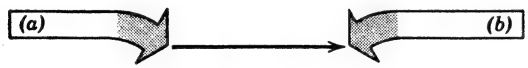
[suma vectorial]

20. La suma vectorial de dos o más vectores, es el vector ..... que dará el mismo resultado.

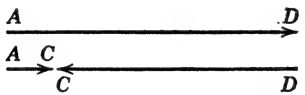
[único]

21. La suma vectorial de dos o más vectores, es .... (*Complete esta oración.*)

[El vector único que da el mismo resultado]

22. 

[*En los espacios de los diagramas:* (*a*) origen; (*b*) término]



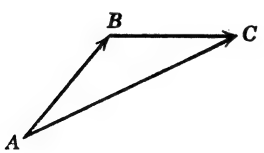
$\overrightarrow{AD}$ y $\overrightarrow{DC}$ se llaman .....es.

$\overrightarrow{AC}$ es su ....

Traduzca este diagrama en una ecuación: .....

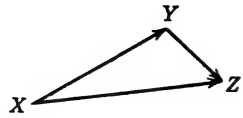
[vector(es); suma vectorial; $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{DC}$]

Sección 3. Sumas vectoriales en dos dimensiones

1. 

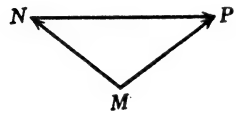
$\overrightarrow{AC}$ es el vector ..... que da el mismo resultado que los vectores ..... y ..... combinados.

[único; $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{BC}$]

2. 

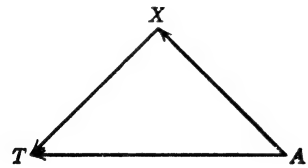
Se llama ..... a la suma ..... de $\overrightarrow{XY}$ y .....

[$\overrightarrow{XZ}$; vectorial; $\overrightarrow{YZ}$]

3. 

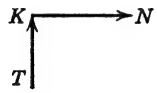
$\overrightarrow{MP}$ = ...

[$\overrightarrow{MN} + \overrightarrow{NP}$]

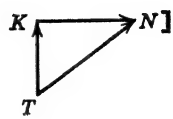
4. 

La ..... de $\overrightarrow{AX}$ y ..... es .....

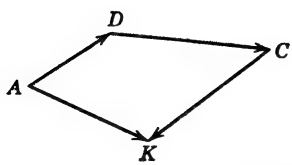
[Suma vectorial; $\overrightarrow{XT}$; $\overrightarrow{AT}$]

5. 

Dibuje la suma vectorial de $\overrightarrow{TK}$ y $\overrightarrow{KN}$.

[$\overrightarrow{TN} = \overrightarrow{TK} + \overrightarrow{KN}$ 

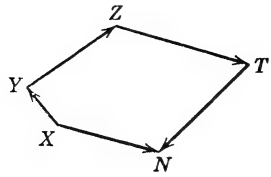
]

6. 

La suma vectorial de $\overrightarrow{AD}$, $\overrightarrow{DC}$ y $\overrightarrow{CK}$ es .....

[$\overrightarrow{AK}$]

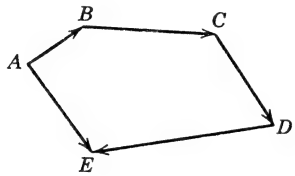
7.



$\overrightarrow{XN} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

$[\overrightarrow{XY} + \overrightarrow{YZ} + \overrightarrow{ZT} + \overrightarrow{TN}]$

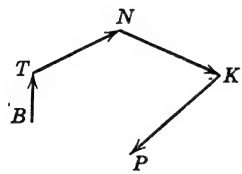
8.



$\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DE} = \ldots\ldots$

$[\overrightarrow{AE}]$

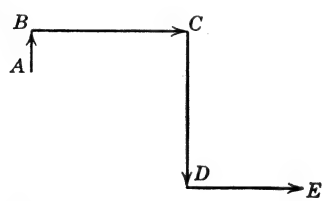
9.



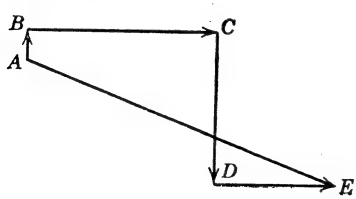
Dibuje la suma vectorial de estos vectores y escriba la ecuación que la expresa.

[La suma vectorial es $\overrightarrow{BP}$; $\overrightarrow{BP} = \overrightarrow{BT} + \overrightarrow{TN} + \overrightarrow{NK} + \overrightarrow{KP}$]

10.

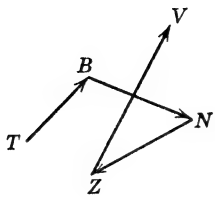


Dibuje la suma vectorial de estos vectores y exprésela en forma de ecuación.



$[\overrightarrow{AE} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DE}]$

11.

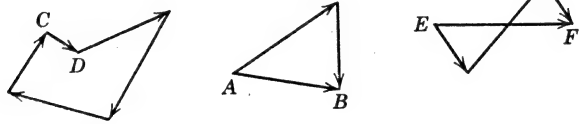


La suma vectorial de dos o más vectores es el .... que representa el mismo resultado de todos esos vectores juntos.

La suma de los vectores mostrados aquí, es el vector .....

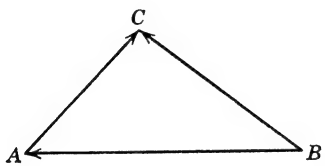
[vector único; $\overrightarrow{TV}$]

12. ¿Cuáles de las siguientes figuras son sumas vectoriales: $\overrightarrow{CD}/\overrightarrow{AB}/\overrightarrow{EF}$?



[$\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{EF}$]

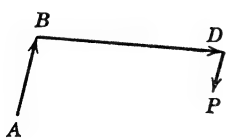
13.



La suma vectorial de $\overrightarrow{BA}$ y $\overrightarrow{AC}$ es un vector único que tiene su origen en .... y su término en ....

[B; C]

14.



La suma vectorial de $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{BD}$ y $\overrightarrow{DP}$ es un vector ..... que tiene su ..... en P, y su ..... en A.

[único; término; origen]

Sección 4. Representación gráfica de los vectores. Vectores iguales y vectores diferentes (desiguales). Vectores paralelos, no paralelos y paralelos opuestos

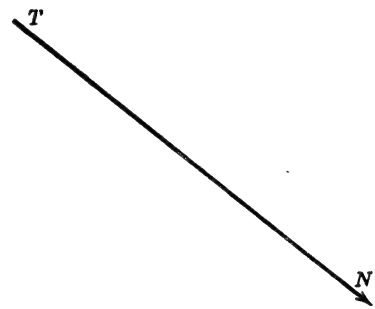
1. En ocasiones deseamos representar gráficamente una cantidad vectorial. Representaremos la *magnitud* de una cierta cantidad mediante la *longitud* del vector que representa a esa cantidad. Sea 1 cm = 2 kilómetros. $\overrightarrow{XY}$ tiene 4 cm de largo y *representa* una cantidad cuya *magnitud* es de .... kilómetros.

[8]

2. Sea 1 cm = 3 m/s.

La longitud de $\overrightarrow{TN}$ es de .....

La magnitud que representa *TN* es .....



[6 cm; 18 m/s]

3. Si se da una escala de 1 cm = 2.5 km/h para un diagrama de vectores, un vector de 10 cm de largo ..... una ..... de 25 km/h.

[representa; magnitud]

4. $\overrightarrow{AB}$ $\overrightarrow{XY}$

Dos vectores son iguales *si, y sólo si* representan iguales magnitudes y tienen la misma dirección.

Por lo tanto, $\overrightarrow{AB}$ .... $\overrightarrow{XY}$.

[=]

5. Usaremos el símbolo "$\neq$" para expresar "diferente de".

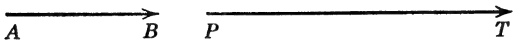
$\overrightarrow{AB}$ $\overleftarrow{MN}$

Magnitud de $\overrightarrow{AB}$ = 6 km/h

Magnitud de $\overrightarrow{NM}$ = 6 km/h

$\overrightarrow{AB}$ .... $\overrightarrow{NM}$, debido a que tienen ..... diferentes.

[$\neq$; direcciones]

6. 

Sea 1 cm = 15 m/s

La magnitud de $\overrightarrow{AB}$ es de .... m/s

La magnitud de $\overrightarrow{PT}$ es de .... m/s

$\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{PT}$ tienen la misma ....., pero ..... diferentes.

Por lo tanto, $\overrightarrow{AB}$ .... $\overrightarrow{PT}$.

[30; 60; dirección; magnitudes; $\neq$]

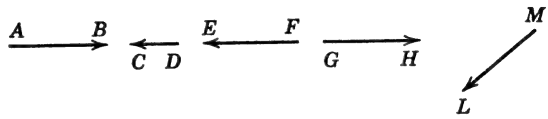
7. Cada uno de los vectores ilustrados a continuación tiene una escala de 1 cm = 2 m/s. Use los signos = ó $\neq$ para resolver los incisos (*a*) a (*d*):

(*a*) $\overrightarrow{AB}$ ..... $\overrightarrow{FE}$.

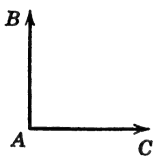
(*b*) $\overrightarrow{DC}$ ..... $\overrightarrow{FE}$.

(*c*) $\overrightarrow{GH}$ ..... $\overrightarrow{AB}$.

(*d*) $\overrightarrow{ML}$ ..... $\overrightarrow{AB}$.



[(*a*) $\neq$ (la misma longitud, pero dirección diferente)
(*b*) $\neq$ (la misma dirección, pero longitud diferente)
(*c*) = (la misma longitud y la misma dirección)
(*d*) $\neq$ (la misma longitud, pero dirección diferente)]

8. 

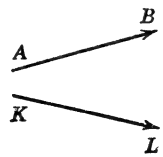
Sea 1 cm = 10. $\overrightarrow{AC}$ y $\overrightarrow{AB}$ representan ..... iguales, pero $\overrightarrow{AC} \neq \overrightarrow{AB}$ debido a que ..... (*Complete la oración.*)

[magnitudes; tienen distintas direcciones]

9. Cuando escribimos *AB* y *KL* (sin la flecha arriba), nos estamos refiriendo *solamente* a las *magnitudes* que representan.

Por lo tanto, *AB* ..... *KL*

pero $\overrightarrow{AB}$ ..... $\overrightarrow{KL}$



[=; $\neq$]

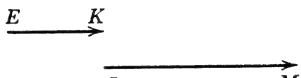
10.

Sea 1 cm = 10 m/s

$\overrightarrow{AB}$ ..... $\overrightarrow{XY}$.

AB ..... XY.

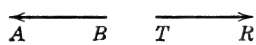
[=; =]

11. Sea 1 cm = 150 kph. 

$\overrightarrow{EK}$ ..... $\overrightarrow{JM}$

EK ..... JM

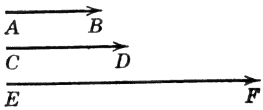
[≠; ≠]

12. Sea 1 cm = 1000 m/s. 

BA ..... TR.

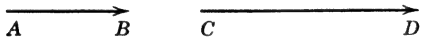
$\overrightarrow{BA}$ ..... $\overrightarrow{TR}$.

[=; ≠]

13. 

Si dos o más vectores no coinciden entre sí *pero apuntan a la misma dirección,* decimos que son vectores paralelos. $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{CD}$ y $\overrightarrow{EF}$ son vectores ..... (Son/no son) iguales entre sí.

[paralelos; no son]

14. 

Si $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{CD}$ no coinciden, pero apuntan a (la misma/diferentes) dirección(es), decimos que $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{CD}$ son vectores .....

[la misma; paralelos]

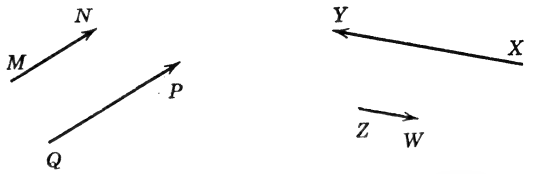
15.

Si dos vectores no coinciden y apuntan exactamente en direcciones *opuestas,* decimos que son vectores paralelos y opuestos.

En el diagrama de arriba, $\overrightarrow{XA}$ y $\overrightarrow{CB}$ son ..... y .....; $\overrightarrow{TR}$ y $\overrightarrow{KL}$ son .....

[paralelos y opuestos; paralelos]

16. De los vectores que siguen, ¿cuál par es de paralelo, y cuál de paralelos opuestos?

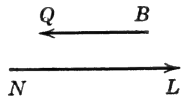


[$\overrightarrow{MN}$ y $\overrightarrow{QP}$; $\overrightarrow{XY}$ y $\overrightarrow{ZW}$]

17. Todos los vectores paralelos son iguales (cierto/falso). Explique su respuesta.

[Falso. Solamente tienen que apuntar a la misma dirección.]

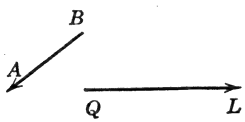
18. Si dos vectores no son paralelos, ni paralelos y opuestos, decimos que son *no paralelos*.



$\overrightarrow{NL}$ y $\overrightarrow{BQ}$ (son/no son) no paralelos, debido a que son ..... y .....

[no son; paralelos y opuestos]

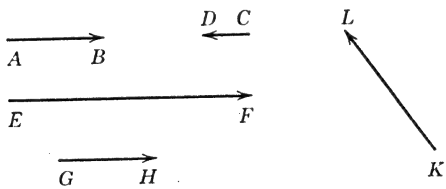
19.



$\overrightarrow{BA}$ y $\overrightarrow{QL}$ en el diagrama anterior, son vectores (no paralelos/paralelos y opuestos).

[no paralelos]

20.



De estos vectores, diga a continuación cuáles son paralelos, cuáles no paralelos y cuáles paralelos y opuestos:

(*a*) $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{CD}$ son .....

(*b*) $\overrightarrow{CD}$ y $\overrightarrow{GH}$ son .....

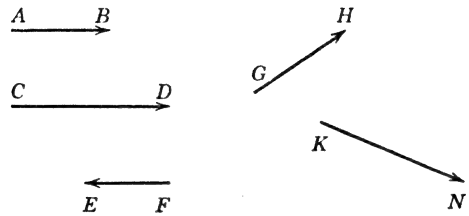
(*c*) $\overrightarrow{KL}$ y $\overrightarrow{EF}$ son .....

(*d*) $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{EF}$ y $\overrightarrow{GH}$ son .....

[(*a*) paralelos y opuestos; (*b*) paralelos y opuestos; (*c*) no paralelos; (*d*) paralelos]

21. Todos los vectores paralelos y opuestos son diferentes (cierto/falso). Explique su respuesta.

[Cierto. Los vectores que son iguales apuntan a la misma dirección y tienen la misma magnitud]

22. 

Indique qué vectores de los anteriores son paralelos, no paralelos o paralelos y opuestos:

(*a*) $\overrightarrow{GH}$ y $\overrightarrow{KN}$ son vectores .....

(*b*) $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{FE}$ son vectores .....

(*c*) $\overrightarrow{CD}$ y $\overrightarrow{FE}$ son vectores .....

[(*a*) no paralelos; (*b*) paralelos y opuestos; (*c*) paralelos y opuestos]

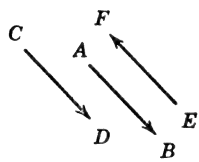
23. Dos vectores son iguales si tienen la misma ..... (es decir, si representan la misma .....) y la misma .....

Si $AB = CD$ y $\overrightarrow{AB}$ es paralelo a $\overrightarrow{CD}$, entonces $\overrightarrow{AB}$ .... $\overrightarrow{CD}$.

[longitud; magnitud; dirección; =]

24. Dos o más vectores son iguales entre sí, si tienen la misma longitud y son ..... entre sí.

[paralelos]

25. 

Sea 1 cm = 1000 kph.

$AB = CD = EF$.

(*a*) $\overrightarrow{AB}$ .... $\overrightarrow{CD}$ porque son (*b*) ..... entre sí.

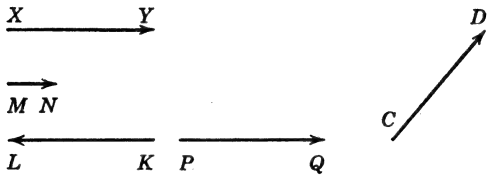
(*c*) $\overrightarrow{AB}$ .... $\overrightarrow{EF}$ porque no son (*d*) ..... entre sí.

[(*a*) =; (*b*) paralelos; (*c*) $\neq$; (*d*) paralelos]

26. Dos vectores son diferentes si sus ..... son diferentes (es decir, si ..... magnitudes diferentes), o si son ..... y ...., o bien ..... entre sí.

[longitudes; representan; *en cualquier orden*: paralelos (y) opuestos, no paralelos]

27.



¿Qué pares de vectores son a la vez desiguales, y paralelos y opuestos?

(*a*) ..... y .....

(*b*) ..... y .....

(*c*) ..... y .....

[*En cualquier orden:* $\overrightarrow{KL}$ y $\overrightarrow{XY}$; $\overrightarrow{KL}$ y $\overrightarrow{MN}$; $\overrightarrow{KL}$ y $\overrightarrow{PQ}$]

28. Los vectores paralelos y opuestos ¿Pueden ser iguales el uno al otro? (sí/no). Explique su respuesta.

[No (porque tienen direcciones diferentes)]

29. ¿Los vectores no paralelos pueden ser iguales el uno al otro? (sí/no). Explique su respuesta.

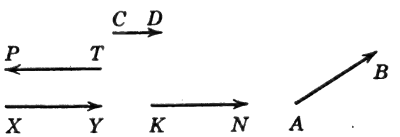
[No (porque los vectores no paralelos tienen direcciones diferentes)]

30. De los vectores que se ilustran a continuación, ¿Cuáles son iguales?

(*a*) .....

¿Cuáles son paralelos y desiguales (diferentes)?

(*b*) .....

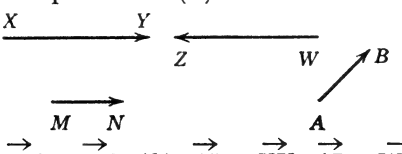


[(*a*) $\overrightarrow{XY}$ y $\overrightarrow{KN}$; (*b*) $\overrightarrow{CD}$ y $\overrightarrow{XY}$, y $\overrightarrow{CD}$ y $\overrightarrow{KN}$]

31. De los vectores que siguen, ¿Qué pares son paralelos y opuestos?

(*a*) .....

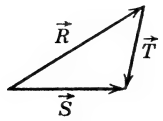
¿Qué pares son no paralelos? (*b*) .....



[(*a*) $\overrightarrow{XY}$ y $\overrightarrow{WZ}$, y $\overrightarrow{MN}$ y $\overrightarrow{WZ}$; (*b*) $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{XY}$, $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{WZ}$, $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{MN}$]

Sección 5. Suma de vectores

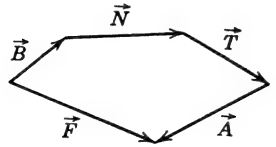
1.



Podemos usar una sola letra, con su flecha, para identificar a cada vector. Entonces, en el diagrama anterior: $\vec{R} + \ldots . = \ldots .$

[$\vec{R} + \vec{T} = \vec{S}$]

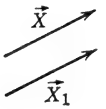
2.



En este caso: ..... = ...

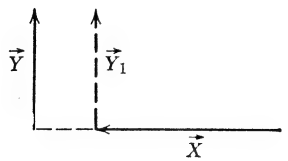
[$\vec{B} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{A} = \vec{F}$]

3. En este curso daremos por sentado que el movimiento de un vector *no cambia* su longitud. Entonces, si movemos a $\vec{X}$ paralelamente a sí mismo, hasta la posición $\vec{X}_1$, tendremos que $\vec{X}$ $(=/\neq)$ $\vec{X}_1$.



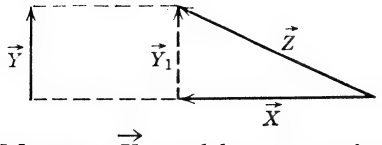
[=]

4.



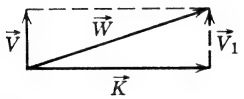
¿Cómo es $\vec{Y}$ respecto a $\vec{Y}_1$?

[$\vec{Y}_1 = \vec{Y}$]

5. 

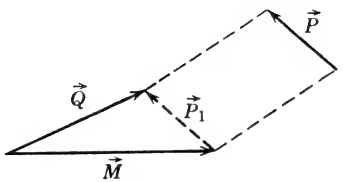
Movemos $\vec{Y}$ paralelamente a sí mismo hasta $\vec{Y}_1$.
$\vec{Y}_1 = \vec{Y}$.
$\vec{X} + \vec{Y}_1 = \vec{Z}$.
$\vec{X} + (a) \ldots . = (b) \ldots .$

[(a) $\vec{Y}$; (b) $\vec{Z}$]

6. 

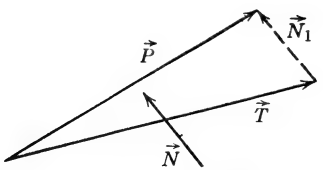
$\vec{V}_1 = \ldots .$
$\vec{K} + \vec{V}_1 = \ldots .$
$\ldots \ldots = \ldots .$

[$\vec{V}$; $\vec{W}$; $\vec{K} + \vec{V} = \vec{W}$]

7. 

Usando ecuaciones, muestre que en esta figura $\vec{M} + \vec{P} = \vec{Q}$.

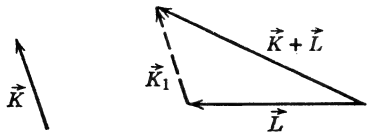
[$\vec{P}_1 = \vec{P}$; $\vec{M} + \vec{P}_1 = \vec{Q}$; $\vec{M} + \vec{P} = \vec{Q}$]

8. 

Movemos .... paralelamente a sí mismo hasta ....
$\vec{N}_1 = \vec{N}$.
$\vec{T} + \vec{N}_1 = \vec{P}$
..... (ecuación).

[$\vec{N}$; $\vec{N}_1$; $\vec{T} + \vec{N} = \vec{P}$]

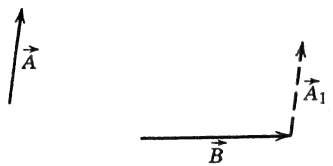
9.



Para sumar $\vec{K}$ y $\vec{L}$, movemos $\vec{K}$ (*a*) ..... a sí mismo hasta $\vec{K}_1$, hasta que el origen de $\vec{K}_1$ coincida con el (*b*) ..... de $\vec{L}$. Entonces dibujamos el vector cuyo origen coincida con el (*c*) ..... de $\vec{L}$ y cuyo término coincida con el (*d*) ..... de $\vec{K}_1$.

[(*a*) paralelamente; (*b*) término; (*c*) origen; (*d*) término]

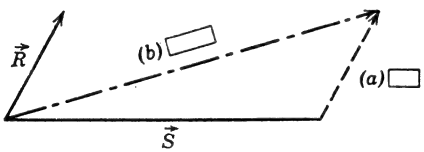
10.



Para construir $\vec{A} + \vec{B}$, mueva $\vec{A}$ paralelamente a sí mismo, hasta ...., cuando el origen de $\vec{A}_1$ coincida con el ..... de $\vec{B}$. En seguida, dibuje el vector cuyo origen es el mismo del .... y cuyo término es el mismo de ....

[$\vec{A}_1$; término; $\vec{B}$; $\vec{A}_1$]

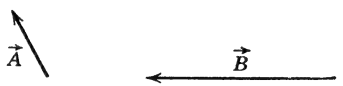
11.



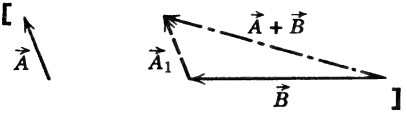
Llene los espacios para respuestas que están en el diagrama.

[(*a*) $\vec{R}_1$; (*b*) $\vec{R} + \vec{S}$, o bien $\vec{S} + \vec{R}$]

12. Dibuje la suma vectorial de los vectores que se dan a continuación. Rotule la suma y use una línea de puntos y guiones (— · —) para representarla.



[



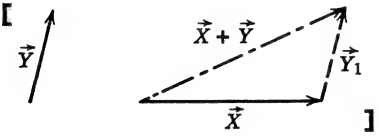
]

13.

Construya la suma vectorial de $\vec{Y}$ y $\vec{X}$.

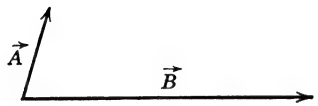
Rotúlela y represéntela con una línea de puntos y guiones.

[



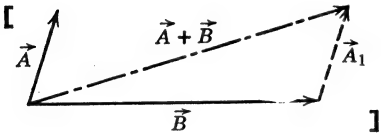
]

14.



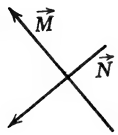
Construya la suma vectorial: $\vec{A} + \vec{B}$.

[



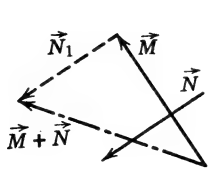
]

15.

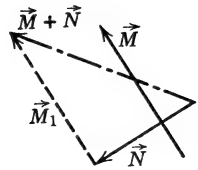


Construya $\vec{M} + \vec{N}$.

[Hay dos soluciones:

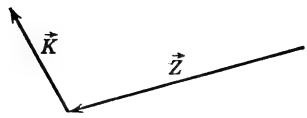


En esta solución movemos $\vec{N}$.



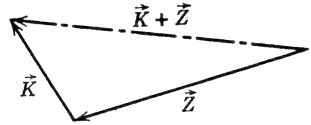
En esta solución movemos $\vec{M}$]

16.



Construya la suma de los vectores $\vec{K}$ y $\vec{Z}$.

[



Note que el origen de $\vec{K}$ ya coincidía con el término de $\vec{Z}$. Por lo tanto, no hubo necesidad de mover $\vec{K}$.]

17. Repaso. Cuando describimos una cantidad física, tal como una velocidad o un desplazamiento, necesitamos describir su ..... y su ..... (*Complete esta oración.*)

[magnitud; dirección]

18. Repaso.

La velocidad y la distancia son cantidades (escalares/vectoriales). La velocidad y el desplazamiento son cantidades (escalares/vectoriales).

[escalares; vectoriales]

19. Repaso. Cuando medimos una cantidad física, encontramos su ...., que siempre se expresa como ..... de veces una ....

[magnitud; número; unidad, unidad de medida]

20. Repaso. Llene el espacio que sigue, con los números que completen la oración correctamente:

Los vectores paralelos pueden .....

(1) Ser iguales entre sí.
(2) Ser diferentes entre sí.
(3) Ser diferentes y apuntar a direcciones opuestas.
(4) Ser iguales y apuntar a direcciones diferentes.
(5) Ser iguales, pero deben apuntar a direcciones opuestas.

[(1) y (2)]

21. Repaso. Llene el espacio que sigue, con los números que completen la oración correctamente:

Los vectores no paralelos .....

(1) Deben apuntar a direcciones opuestas.
(2) Pueden tener la misma longitud.
(3) Deben ser diferentes en longitud y apuntar a direcciones diferentes.
(4) Pueden ser diferentes y apuntar en la misma dirección.

(5) Pueden ser iguales en longitud, pero deben apuntar a diferente dirección.

[(2) y (5)]

22. Repaso. Llene el espacio que sigue, con los números que completen la oración correctamente:

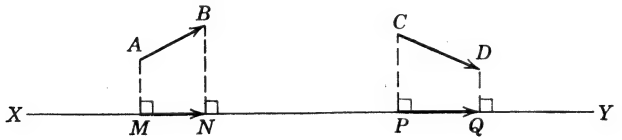
Los vectores paralelos y opuestos ....

(1) Deben tener distinta longitud y apuntar en direcciones opuestas.
(2) Siempre tienen longitud diferente.
(3) Pueden tener la misma longitud.
(4) Pueden tener distinta longitud y apuntar en la misma dirección.
(5) Deben apuntar en distinta dirección, pero no necesariamente opuesta.

[(3)]

Sección 6. Componentes de un vector; componentes rectangulares

1.



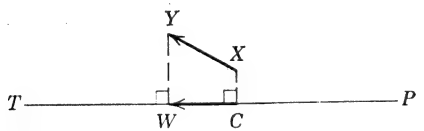
AM y BN son perpendiculares bajadas de los extremos de $\overrightarrow{AB}$.

$\overrightarrow{MN}$ se llama "componente" de $\overrightarrow{AB}$ a lo largo de XY.

$\overrightarrow{PQ}$ es la ..... de ..... a lo largo de XY.

[componente; $\overrightarrow{CD}$]

2.

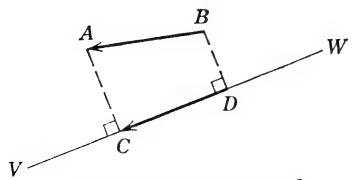


YW y XC son ..... a TP.

$\overrightarrow{CW}$ es un (vector/escalar) y también es la ..... de $\overrightarrow{XY}$ a lo largo de TP.

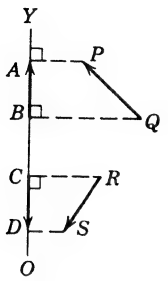
[perpendiculares; vector; componente]

3.



..... es la componente de ..... a lo largo de VW.

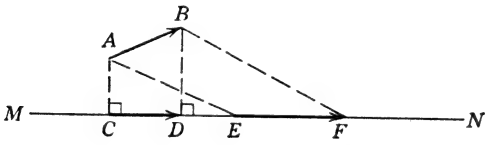
[$\overrightarrow{DC}$; $\overrightarrow{BA}$]

4. 

$\overrightarrow{BA}$ es la ..... de ..... a lo largo de OY.

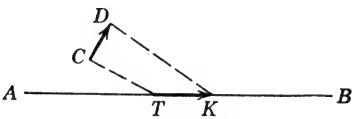
..... es la ..... de $\overrightarrow{RS}$ a lo largo de OY.

[componente; $\overrightarrow{QP}$; $\overrightarrow{CD}$; componente]

5. 

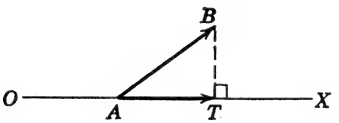
¿Cuál es la componente de $\overrightarrow{AB}$ a lo largo de MN, $(\overrightarrow{CD}/\overrightarrow{EF})$?

[$\overrightarrow{CD}$]

6. 

En esta figura, $\overrightarrow{TK}$ *no es* una componente de $\overrightarrow{CD}$ a lo largo de AB, debido a que CT y DK no son ..... (*Complete esta oración.*)

[perpendiculares a AB]

7. 

La componente de $\overrightarrow{AB}$ a lo largo de ..... es .....

[OX; $\overrightarrow{AT}$. (es suficiente una perpendicular, ya que un extremo del vector ya está sobre OX]

8. Véase el panel 8. La letra que está en la esquina superior derecha es una .....

[T]

9. Panel 8. En la fig. (*a*) llamamos "línea de referencia" a la línea OX. $\overrightarrow{EF}$ es la ..... de ..... a lo largo de la línea de ..... OX.

[componente; $\overrightarrow{TR}$; referencia]

10. Panel 8, Fig. (*a*). $\overrightarrow{MN}$, $\overrightarrow{PQ}$, y $\overrightarrow{TR}$ tienen la misma longitud, y, por lo tanto, representan cantidades vectoriales con la misma ..... Observe que conforme el ángulo entre el vector y la línea de referencia se aproxima a 90°, la componente del vector se va haciendo (más grande/más chica).

[magnitud; más chica]

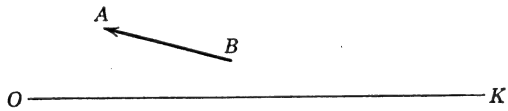
11. Panel 8, Fig. (*a*). La componente de $\overrightarrow{KL}$ a lo largo de la línea de ..... OX es el punto .... Puesto que un punto no tiene longitud, decimos que la componente de $\overrightarrow{KL}$ a lo largo de OX es la magnitud ..... (*un número*).

[referencia; G; cero ó 0]

12. Panel 8, Fig. (*a*). La ..... de $\overrightarrow{ZW}$ a lo largo de la línea de referencia OX es ..... (*un número*).

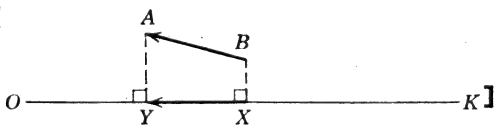
[componente; cero, 0]

13.



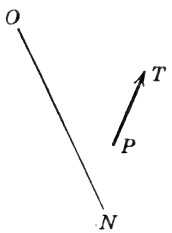
Use su transportador para construir la componente de $\overrightarrow{BA}$ a lo largo de OK. Rotúlela $\overrightarrow{XY}$.

[



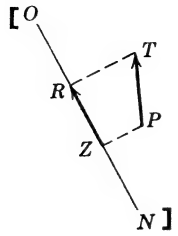
]

14.

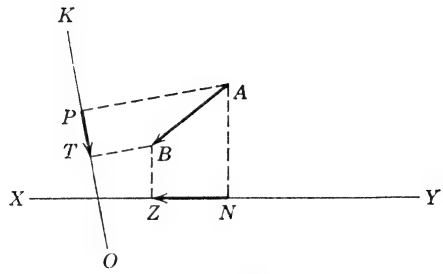


Construya la componente de $\overrightarrow{PT}$ a lo largo de ON. Rotúlela $\overrightarrow{ZR}$.

(Respuesta en la siguiente página)



15.



La componente de $\vec{AB}$ a lo largo de OK es .....

[$\vec{PT}$]

16. Panel 8, Fig. (b). Los vectores de esta figura están dibujados a una escala de 1 cm = ...

[20 cm/s]

17. Panel 8, Fig. (b). La componente de $\vec{V}$ a lo largo de PZ tiene una magnitud de .....

[25 m/s]

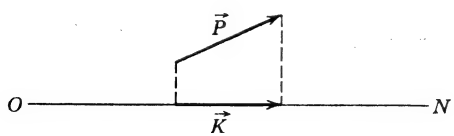
18. Panel 8, Fig. (b). La componente de $\vec{U}$ a lo largo de OT es de .....

[32 m/s]

19. Panel 8, Fig. (b). La componente de $\vec{V}$ a lo largo de OT vale .....

[cero]

20.



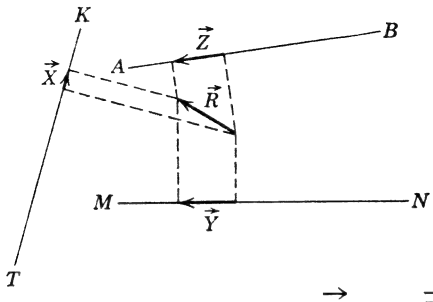
(a) .... es la componente de (b) .... a lo largo de ON.

[(a) $\vec{K}$; (b) $\vec{P}$]

21. ¿Es la componente de un vector también un vector? (sí/no).

[sí]

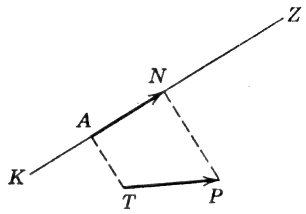
22.



En la figura anterior, tanto $\vec{X}$ como $\vec{Y}$ y $\vec{Z}$ son ..... de $\vec{R}$.

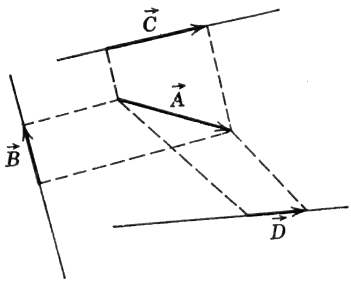
[componentes]

23. Identifique lo siguiente:
el vector (*a*) .....
su componente (*b*) .....
la línea de referencia (*c*) .....



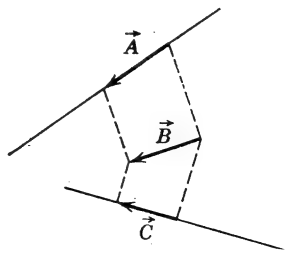
[(*a*) $\overrightarrow{TP}$; (*b*) $\overrightarrow{AN}$; (*c*) $\overrightarrow{KZ}$ o ZK]

24. En la figura de la derecha,
$\vec{B}$ (es/no es) una componente de $\vec{A}$.
$\vec{C}$ (es/no es) una componente de $\vec{A}$.
$\vec{D}$ (es/no es) una componente de $\vec{A}$.



[no es (es paralelo y opuesto a la componente de A); es; no es]

25. $\vec{A}$ (es/no es) una componente de $\vec{B}$.
$\vec{C}$ (es/no es) una componente de $\vec{B}$.



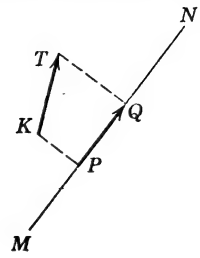
[no es (debido a que las líneas no son perpendiculares a la línea de referencia); es]

26. En la figura de la derecha, identifique el vector, la componente y la línea de referencia.

$\overrightarrow{PQ}$ es .....

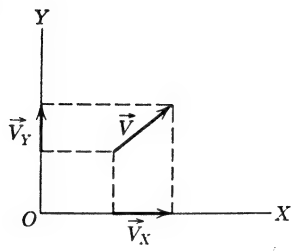
MN es .....

$\overrightarrow{KT}$ es .....



[la componente; la línea de referencia; el vector]

27.

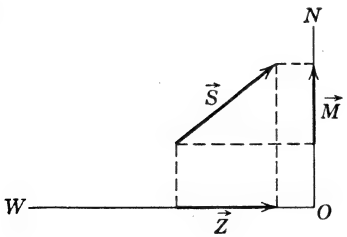


Cuando las líneas de referencia, a lo largo de las cuales están las componentes, son perpendiculares entre sí, llamamos "componentes rectangulares" del vector a dichas componentes.

OX y OY son ..... entre sí. $\overrightarrow{V}_y$ y $\overrightarrow{V}_x$ .... de $\overrightarrow{V}$.

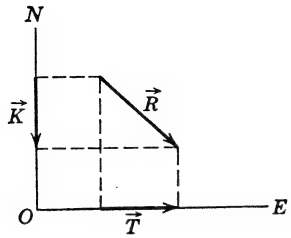
[perpendiculares; componentes rectangulares]

28.



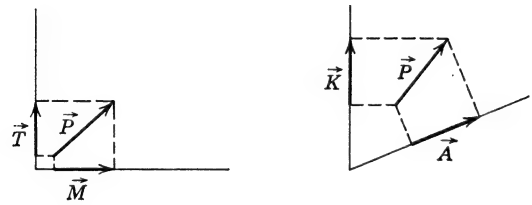
Las componentes rectangulares de .... son .... y ....

[$\overrightarrow{S}$; *en cualquier orden:* $\overrightarrow{M}$, $\overrightarrow{Z}$]

29. 

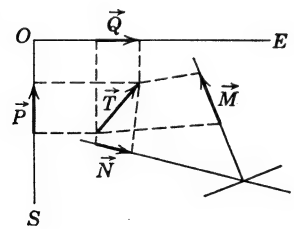
$\vec{K}$ y $\vec{T}$ son las .... de $\vec{R}$.

[componentes rectangulares]

30. 

.... y .... son las componentes rectangulares de $\vec{P}$.
.... y .... *no son* componentes rectangulares de $\vec{P}$ porque las .....
de ..... a lo largo de las cuales están dibujadas, no son ....
..... (*Complete esta oración*).

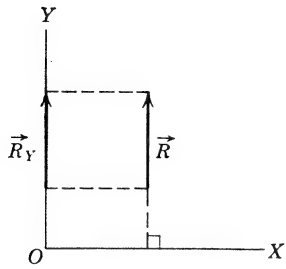
[*En cualquier orden:* $\vec{T}$, $\vec{M}$;
también en cualquier orden: $\vec{K}$, $\vec{A}$;
líneas (de) referencia; perpendiculares entre sí]

31. 

En este diagrama, ¿cuáles son las componentes rectangulares de $\vec{T}$?

[$\vec{P}$ y $\vec{Q}$]

32.



La componente rectangular de $\vec{R}$ a lo largo de OX es ..... (un número).

La componente rectangular de $\vec{R}$ a lo largo de OY *es* ....

En este caso $\vec{R}_y =$ ....

[cero; $\vec{R}_y$; $\vec{R}$]

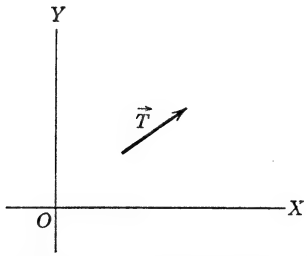
33. Siempre que las componentes estén a lo largo de líneas de referencia perpendiculares entre sí, se llamarán componentes .....

[rectangulares]

34. Las componentes rectangulares de un vector son aquellas que están a lo largo de líneas de ..... que están ..... la una a la otra.

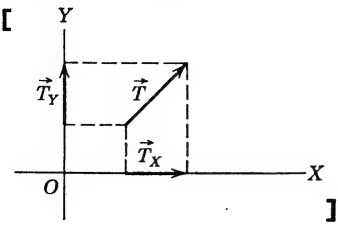
[referencia; perpendiculares]

35.



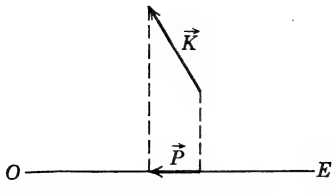
Dibuje las componentes rectangulares de $\vec{T}$ a lo largo de OX y OY.

[



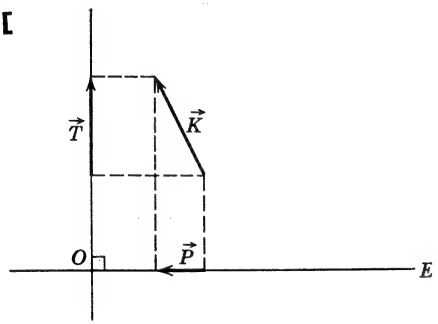
]

36.



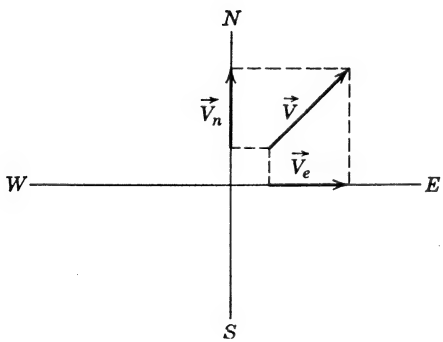
$\vec{P}$ es una componente de $\vec{K}$. Construya la otra componente rectangular, sobre una línea de referencia que pase por O. Rotúlela $\vec{T}$.

[



]

37.

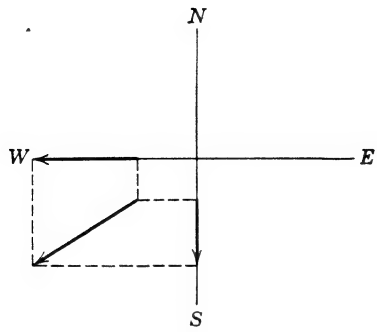


$\vec{V}_n$ y $\vec{V}_e$ son las .... de $\vec{V}$.

Un avión que vuela rumbo al noreste a una velocidad $\vec{V}$, tiene una componente $\vec{V}_n$ *hacia el norte*, y una componente .... hacia .....

[componentes rectangulares; $\vec{V}_e$; el Este]

38.



Un avión que viaja hacia el suroeste tiene componentes de la velocidad hacia el ..... y hacia el .....

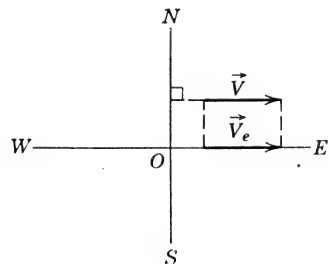
Estas componentes son .....

[*En cualquier orden:* Sur, Oeste; rectangulares]

39. Un barco que navega hacia el sureste tiene componentes de la velocidad hacia ..... y hacia .....

[*En cualquier orden:* el Sur, el Este]

40.



La dirección de $\vec{V}$ es Este. Su componente de la velocidad hacia el Este es .... Sus componentes de velocidad, hacia el Norte y hacia el Sur, son ambas .....

[$\vec{V}_e$; cero]

41. ¿Cuál es la componente hacia el Norte, de un buque que navega hacia el Este?

[cero]

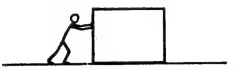
Sección 7. Definición de fuerza; fuerzas totales

1. El perro impaciente *jala* su correa para que su amo ..... más aprisa.

[se mueva, camine, vaya, etc.]

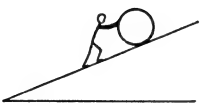
2. Para hacer que el perro camine más despacio, el amo ..... hacia atrás la correa.

[tira, jala]

3. 

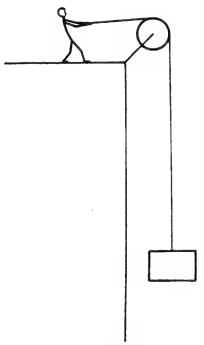
Un trabajador empuja un cajón que está en estado de reposo, para .....

[moverlo]

4. 

Un trabajador(a) ..... contra un barril, para evitar que ..... cuesta abajo demasiado aprisa.

[(*a*) empuja; (*b*) ruede, se mueva]

5. 

Para levantar la caja, de su posición en el nivel inferior a su posición en el nivel superior, el hombre ..... la cuerda.

[jala]

6. Empujamos o jalamos un objeto:
(1) Para ..... su estado de reposo.

(2) Para acelerarlo o retardarlo, si ya está ....., demasiado despacio o demasiado aprisa.
(3) Para ponerlo en estado de ....., si está en movimiento.

[(1) cambiar; (2) moviéndose; (3) reposo]

7. Cuando empujamos o jalamos un objeto, intentamos ..... su estado de reposo o de movimiento.

[cambiar, alterar, variar]

8. Los físicos consideran el estado de reposo como una clase de movimiento. Si usted considera al movimiento en términos de velocidad, el estado de reposo es movimiento con velocidad ..... (*un número*).

[cero, 0]

9. Para simplificar ciertos principios, los físicos consideran el estado de reposo como una clase de ....., es decir, con una ..... de valor .....

[movimiento; velocidad; cero]

10. Los físicos llaman *fuerza* a un empuje o a un jalón. Cuando aplicamos una fuerza a un objeto, intentamos ..... su estado de movimiento.

[cambiar, etc.]

11. En general, empujamos o jalamos un objeto para cambiar su (*a*) .... A un empujón o jalón lo llamamos (*b*) .....

[(*a*) estado de movimiento; (*b*) fuerza]

12. Aplicamos una fuerza a un objeto, para .... (*Complete esta oración.*)

[cambiar su estado de movimiento]

13. Se puede aplicar una fuerza (1) para poner en movimiento un objeto que está en estado de (*a*) .....; (2) para retardar o acelerar un objeto que ya está (*b*) ..... En cualquiera de los dos casos, la fuerza se aplica para ..... del objeto al cual se aplica.

[(*a*) reposo; (*b*) moviéndose, en movimiento; (*c*) cambiar el estado de movimiento (o reposo)]

14. Se dice que una fuerza produce un (*a*) ..... en el estado de movimiento, cuando hace que un objeto en movimiento se acelere, se retrase o se (*b*) ..... completamente.

[(*a*) cambio; (*b*) detenga]

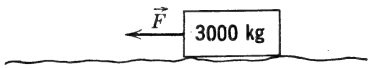
15. Se puede definir la fuerza como "cualquier cosa que haga que un objeto cambie su estado de (*a*) ..... al estado de (*a*) ....; del estado de (*b*) ..... al estado de (*b*) .....; o de un estado de (*c*) ..... a otro".

[*En cualquier orden:* (*a*) movimiento, reposo; (*b*) reposo, movimiento; (*c*) movimiento]

16. El estado de reposo lo definimos como movimiento con (*a*) ..... de valor (*b*) ..... Entonces, una (*c*) ..... se puede definir como: cualquier cosa que produzca un cambio en el estado de (*d*) ..... de un objeto.

[(*a*) velocidad; (*b*) cero; (*c*) fuerza; (*d*) movimiento]

17.

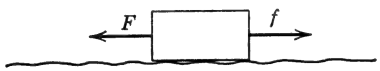


Usted va a jalar este cajón que pesa 3000 kg sobre una superficie áspera.

Puesto que no dispone de maquinaria para moverlo, las probabilidades son de que usted (podrá/no podrá) moverlo. Esto se debe a que la fuerza que usted puede aplicar no es lo suficientemente ..... para vencer la *fricción* entre el cajón y el piso.

[no podrá; grande, etc.]

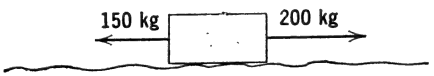
18.



La fricción (*f*) es una ..... que tiende a impedir un cambio en el estado de movimiento del cajón. Si *F* es igual a *f*, (habrá/no habrá) un cambio en el estado de movimiento del cajón.

[fuerza; no habrá]

19.

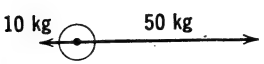


La fuerza *total* que actúa sobre este objeto es de 50 kg (es decir, 200-150) hacia la derecha.

Si Ud. reemplaza la fuerza de 150 kg con una de 220 kg hacia la izquierda, la fuerza ..... será de .... kg hacia la izquierda.

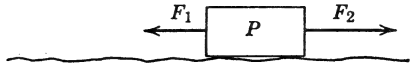
[total; 20]

20.



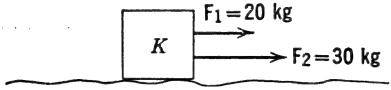
Aquí la fuerza total es de .... kg hacia la (derecha/izquierda).

[40; derecha]

21. 

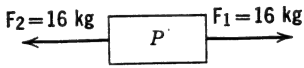
$F_1 = 50$ kg y $F_2 = 75$ kg
La fuerza (*a*) ..... sobre *P* es de (*b*) .... kg hacia la derecha.

[(*a*) total; (*b*) 25]

22. 

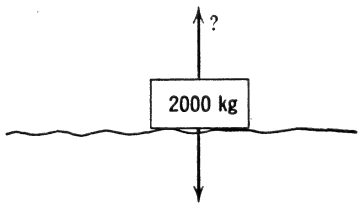
La fuerza total sobre *K* es de (*a*) .... kg hacia la (*b*) .....

[(*a*) 50; (*b*) derecha]

23. 

La fuerza total sobre *P* es de ..... kg.

[cero]

24. 

Se le pide que levante este objeto. A menos que usted pueda aplicar una fuerza de más de (*a*) ..... kg, no producirá un cambio (*b*) .... (*Complete esta oración.*)

[(*a*) 2000; (*b*) en su estado de movimiento (reposo)]

25. Usted aplica una fuerza de 25 kg para levantar un objeto que pesa 15 kg. La fuerza (*a*) ..... hacia arriba es de (*b*) .... kg.

[(*a*) total; (*b*) 10]

26. La fuerza que tiende a impedir el movimiento de un objeto a lo largo de una superficie horizontal áspera es la .....

[fricción]

27. La fricción es una fuerza que tiende a ..... el movimiento.

[impedir]

28.

F es la fuerza que usted aplica para mover el cajón.

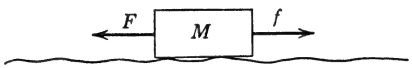
Si *F* es mayor que *f*, hay una fuerza (*a*) ..... sobre el cajón, hacia la (*b*) ..... (dirección).

[(*a*) total; (*b*) izquierda]

29.

Si *F* es mayor que la fricción *f*, hay una fuerza total hacia la (derecha/izquierda), y (hay/no hay) cambios en la velocidad del cajón.

[izquierda; hay]

30. 

Si *F* es igual a la fricción *f*, hay una fuerza total de ..... (número). (Hay/no hay) cambios en la velocidad de *M*.

[cero; no hay]

31. Para cambiar la velocidad de nuestro objeto, la fuerza ..... aplicada a él debe ser mayor que ..... (número).

[total; 0 ó cero]

32. El que una fuerza produzca o no un cambio en el estado de movimiento de un objeto depende de las otras (*a*) ..... que actúen sobre el objeto al mismo tiempo. Si la fuerza total sobre un objeto es cero, no hay (*b*) ..... (*Complete esta oración.*)

[(*a*) fuerzas; (*b*) cambios en su estado de movimiento (o velocidad)]

33. Un objeto puede estar bajo la influencia simultánea de diversas fuerzas. Sufrirá un cambio en su estado de movimiento sólo si la fuerza total qu actúe sobre él es ..... (*Complete esta oración.*)

[mayor que cero]

34. Las fuerzas (*a*) (siempre/no siempre) producen un cambio en el estado de movimiento. Si una fuerza aplicada es efectiva o no para producir tal cambio, esto depende de otras (*b*) ....., tales como la fricción y la gravedad, que pueden oponerse a ella.

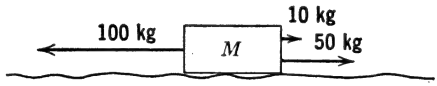
[(*a*) no siempre; (*b*) fuerzas]

35. La expresión "tiene una *tendencia* a" significa "hará tal cosa, si también existen otras ciertas condiciones". Entonces, podemos definir una fuerza como cualquier cosa que tiene una (*a*) ..... a producir un (*b*) ..... (*Complete esta oración.*)

[(*a*) tendencia; (*b*) cambio en el estado de movimiento o velocidad]

36. Nuestra definición de fuerza debe tener en cuenta el hecho de que una fuerza dada no siempre puede producir un cambio en el estado de movimiento. Por lo tanto, generalmente definimos la fuerza como cualquier cosa que tiene una .... (*Complete esta oración.*)

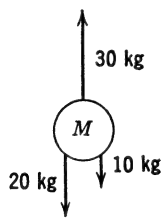
[tendencia a producir un cambio en el estado de movimiento]

37. 

La suma *vectorial* de todas las fuerzas ilustradas es (*a*) .... kg hacia la (*b*) ..... (dirección.)

La fuerza total actuando sobre *M* es la suma (*c*) ..... de todas las fuerzas.

[(*a*) 40; (*b*) izquierda; (*c*) vectorial]

38. 

La suma ..... de todas las fuerzas actuando sobre *M* es ..... (Habrá/no habrá) un cambio en la velocidad de *M*.

[vectorial; cero; no habrá]

39. Podemos definir la fuerza (*a*) ..... sobre un objeto, como la (*b*) ..... vectorial de todas las fuerzas aplicadas sobre él.

[(*a*) total; (*b*) suma]

40. Las fuerzas que se estudian en la física siempre son aplicadas a los objetos desde el exterior, es decir, *externamente*. Las (*a*) ..... físicas son *externas* a los objetos cuyo estado de movimiento (*b*) ..... a cambiar.

[(*a*) fuerzas; (*b*) tienden]

41. A los físicos conciernen solamente las fuerzas que son ..... a los objetos cuyo movimiento cambian.

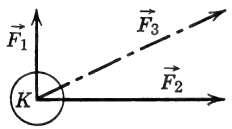
[externas]

42. Ahora podemos definir mejor una fuerza, como algo que se aplica (*a*) ..... a un objeto y (*b*) ..... a producir un (*c*) ..... *(Complete esta oración.)*

[(*a*) externamente; (*b*) tiende; (*c*) cambio en el estado de movimiento del objeto (o un cambio en la velocidad del objeto)]

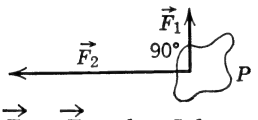
43. Defina la *fuerza.*

[Una fuerza es algo que aplicado *externamente* a un objeto, tiene la *tentencia* a producir un *cambio en el estado de movimiento* del objeto]

44. 

¿Cuál de estas fuerzas representa la fuerza total sobre *K*?

[$\vec{F}_3$ (que es la suma vectorial de $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$)]

45. 

$\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ valen 5 kg y 12 kg, respectivamente. Son las únicas fuerzas actuando sobre *P*. La fuerza total sobre *P* es de ..... kg.

[Use el teorema de Pitágoras, puesto que $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ actúan formando un ángulo recto entre ellas.

$F^2_{\text{total}} = (5)^2 + (12)^2 = 25 + 144 = 169$

$F_{\text{total}} = 13$]

Sección 8. Primera ley de Newton del movimiento; Movimiento sobre una superficie sin fricción

1. Empuje cualquier objeto sobre una superficie horizontal. Después de que usted deja de empujarlo, el objeto se detiene. Este cambio en su estado de movimiento es producido por una ..... llamada comúnmente .....

[fuerza; fricción]

2. Vea el panel 9. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[J]

3. Panel 9. En cada una de las figuras, la bola comienza en el lado izquierdo a partir del estado de reposo. Cuando está en el plano inclinado *hacia abajo,* su velocidad (aumenta/disminuye). Este es un cambio en su estado de movimiento, debido a que se le ha aplicado una fuerza ...., mayor que .....

[total que aumenta; cero, 0]

4. Panel 9. La fuerza que aumenta la velocidad de la bola en el plano inclinado *hacia abajo* es efectiva mientras la bola está en ese plano. Cuando la bola está en la superficie horizontal, su velocidad (aumentará/disminuirá), si consideramos el efecto de la fricción.

[disminuirá]

5. Panel 9. Tomando en cuenta el efecto de la fricción, la bola (estará/no estará) moviéndose tan rápidamente cuando comienza la *subida,* como cuando estaba al final de la *bajada.* Bajo estas condiciones, ¿puede usted esperar que su posición final sea tan alta como su posición inicial? (sí/no).

[no estará; no]

6. Panel 9. Suponga que *no hay* fricción entre la superficie horizontal y la bola. La fuerza ..... sobre la bola, al moverse entre los planos inclinados (en el plano horizontal), es ..... (un número).

[total; cero]

7. Panel 9. Suponga que *no hay* fricción. Entonces no hay cambio en la ..... de la bola, cuando está entre los planos inclinados.

[velocidad, estado de movimiento]

8. Panel 9. Suponga que *no hay* fricción. La posición final de la bola (será/no será) tan alta como la posición inicial.

[será]

9. El panel 9 muestra la posición final de la bola, suponiendo que *no hay* fricción. La pendiente de la *subida* (cambia/no cambia) al pasar de la Fig. (*a*) a la (*b*) y a la (*c*). En cada una de las figuras, la ..... a que llega la bola es la misma que tenía inicialmente.

[cambia; altura]

10. Panel 9. De las figuras (*a*), (*b*) y (*c*) podemos generalizar y decir que si no hay fricción entre la bola y la superficie en (*d*), la bola (se detendrá/continuará moviéndose hasta alcanzar nuevamente su altura inicial).

[continuará moviéndose hasta alcanzar nuevamente su altura inicial]

11. Panel 9. En la figura (*d*), la bola arranca de la parte superior de la bajada y rueda a una superficie horizontal *infinitamente* larga. Suponiendo que *no hay* fricción, la bola continuará moviéndose a la misma .... por tiempo .....

[velocidad; indefinido]

12. La *bajada* en el panel 9 únicamente es un dispositivo para poner en movimiento la bola. Supóngase que damos un ligero empujón a la bola, para ponerla en movimiento en un largo plano horizontal sin fricción. Al dejar de empujar la fuerza ..... sobre la bola es ....., y la bola continuará moviéndose a velocidad (constante/variable) indefinidamente.

[total; cero; constante]

13. La primera Ley de Newton del movimiento es un enunciado de la situación que se presentaría, *si la fuerza total actuando sobre un objeto fuera cero*. Sea F_{total} la fuerza total actuando sobre un objeto.

Recordando que ΔV significa un ..... en la velocidad, y de acuerdo con la primera Ley de Newton del movimiento:

$$\text{Si } F_{\text{total}} = 0, \text{ entonces } \Delta V = \ldots.$$

[cambio; 0]

14. La primera Ley de Newton del movimiento describe una situación *ideal*, en la que ..... = 0.

[F_{total}]

15. Dicho con palabras, cuando la suma vectorial de las fuerzas aplicadas a un objeto es cero, (hay/no hay) un cambio en el estado de movimiento del objeto.

En símbolos, cuando ....., entonces .....

[no hay; $F_{\text{total}} = 0$; $\Delta V = 0$]

16. Pero seamos más realistas. Sabemos que en cualquier experimento que se realice, la bola en (*d*) (disminuye su velocidad/no disminuye su velocidad) y finalmente se detiene. El panel 9 describe una situación ....., puesto que solamente es posible, si suponemos que ....

[disminuye su velocidad; ideal; no hay fricción entre la bola y la superficie sobre la que rueda]

17. Vea el panel 10. La letra en la esquina superior derecha es una ....

[*K*]

18. Lea el panel 10. Los científicos, frecuentemente, verifican sus generalizaciones en ..... destinados a enfocar situaciones aproximadamente .....

[experimentos; ideales]

19. Una forma de verificar las generalizaciones dibujadas en el panel 9, es usar superficies con muy ..... fricción.

[baja]

20. Panel 10. El movimiento de un disco de hielo seco, sobre una hoja gruesa de aluminio, enfoca la situación ideal, porque la ..... entre el disco y la hoja es .....

[fricción; pequeña, baja, muy baja, etc.]

21. Panel 10. Debido a que el hielo seco se (*a*) ..... muy rápidamente a la temperatura ambiente, mantiene una capa de gas de (*b*) ..... de ..... entre el disco y la hoja de aluminio.

[(*a*) evapora; (*b*) bióxido (de) carbono]

22. Panel 10. Debido a que la fricción entre el disco y la hoja es muy ....., podemos predecir que el cambio en la ..... del disco, será (grande/pequeño).

[baja, pequeña; velocidad; pequeño]

23. Usaremos el símbolo (→) para expresar "tiende a".
Si $F_{\text{total}} \rightarrow 0$, ΔV .....

[→ 0]

24. Panel 10. Examine la Fig. 2. Lea el párrafo 4 cuidadosamente.
Las fotografías del disco en movimiento se tomaron cada .... de segundo.

[1/10]

25. Panel 10. El párrafo 5 es una tabla de las distancias recorridas durante los intervalos de tiempo marcados en la Fig. 2. En cada uno de los casos, la distancia recorrida es muy cercana a .... cm (*al número entero más cercano*).

[15]

26. Panel 10. Un examen de la Fig. 2 y los datos del párrafo 5, muestran que durante cada intervalo de tiempo de .... de segundo, el disco se mueve aproximadamente .... cm.

[1/10; 15]

27. Panel 10, Fig. 2. El disco se mueve sobre una superficie horizontal, casi sin ..... Hemos mostrado que la distancia recorrida en cada intervalo de tiempo de 1/10 de segundo, es (constante/variable).

[fricción; constante]

28. Panel 10. El disco recorre una ..... constante en intervalos de ..... iguales. Esto significa que la razón distancia/tiempo es (constante/variable).

[distancia; tiempo; constante]

29. Panel 10. La razón distancia/tiempo es la ..... a que se mueve el disco.

[velocidad]

30. Panel 10, Fig. 2. Hemos visto que el disco, con una .... de valor casi cero aplicada a él, mantiene una velocidad ..... El examen de la Fig. 2 también muestra que el disco se mueve en una trayectoria .....

[fuerza total; constante; rectilínea]

31. Recordemos que una línea recta no cambia su ..... en ningún punto.

[dirección]

32. Panel 10, Fig. 2. En el experimento, el disco tiene una ..... constante y una ..... constante.

[*En cualquier orden:* velocidad, dirección]

33. La rapidez que tiene una dirección determinada, la definimos como .....

[velocidad]

34. Podemos reafirmar nuestra generalización del panel 9, verificada por el experimento del panel 10, como sigue: Si la fuerza total aplicada a un objeto es cero, continuará moviéndose a una .... a lo largo de una trayectoria .....

[velocidad constante; rectilínea]

35. O bien, si la fuerza total aplicada a un objeto es cero, continuará moviéndose a ..... constante (*una palabra*).

[velocidad (no tenemos que mencionar la dirección, puesto que está incluida en el término)]

36. Si la velocidad de un objeto permanece constante, ello significa que no hay cambios en su ..... o en su ..... También significa que la fuerza total aplicada a él es .....

[*En cualquier orden:* magnitud, dirección; cero]

37. Usando la notación vectorial, hemos mostrado en los paneles 9 y 10 que cuando $\vec{F}_{\text{total}} = \ldots.$, entonces .... = 0.

[0; $\Delta\vec{V}$ (no olvide la flecha)]

38. Un objeto que se mueve a 10 cm/s hacia el Norte con una fuerza total de cero actuando sobre él, se mueve a .... cm/s hacia el ..... hasta que se le aplique una .... mayor que .....

[10; Norte; fuerza total; cero]

39. Un objeto se pone en movimiento a una velocidad de 50 m/s hacia el Oeste. Mantendrá esta ....., mientras la fuerza total aplicada a él sea .....

[velocidad; cero]

40. Hemos estado discutiendo la primera Ley de Newton del movimiento. Esta ley se aplica a objetos sobre los que $\vec{F}_{\text{total}} = \ldots.$

[0]

41. La primera Ley de Newton del movimiento establece que si la fuerza total aplicada a un objeto es cero, no hay ..... en su .....; es decir, el objeto continuará moviéndose a una velocidad ..... en la misma .....

[cambio; velocidad; constante; dirección]

42. Usando símbolos:

Cuando ..... = 0
..... = 0

[$\vec{F}_{\text{total}}$; $\Delta\vec{V}$ (no olvide las flechas)]

43. El inverso de esto también es verdadero. Cuando no hay cambio en la ..... con que se mueve un objeto, podemos deducir que la .... sobre él, vale .....

[velocidad; fuerza total; cero]

44. Podemos establecer esto con símbolos:

$$\text{Cuando } \ldots\ldots = 0$$
$$\ldots\ldots = 0$$

[$\Delta\vec{V}$; $\vec{F}_{\text{total}}$]

45. El disco ilustrado en el panel 10, fig. 2, no muestra exactamente que $\Delta\vec{V} = 0$, cuando $F_{\text{total}} = 0$, pero sí muestra que cuando $\vec{F}_{\text{total}}$ ..... 0, $\Delta\vec{V}$ ..... 0.

[→ (tiende a); → (tiende a)]

46. Un objeto está en reposo. De acuerdo con la primera Ley de ..... del ....., mientras la fuerza total aplicada a él sea cero, su velocidad permanecerá siendo .....

[Newton; movimiento; cero]

47. Hemos definido la aceleración como el cambio de ..... por unidad de .....

$$\vec{a} = \frac{\ldots\ldots}{\ldots\ldots}$$

[velocidad; tiempo; $\Delta\vec{V}/\Delta t$]

48. De acuerdo con la primera Ley de Newton, si $\vec{F}_{\text{total}} = 0$, entonces $\Delta\vec{V} = 0$, y $\vec{a} =$ ....

[0]

49. Si $\vec{F}_{\text{total}} = 0$, ¿cuáles de los siguientes son *siempre* verdaderos?

(*a*) $\Delta d = 0$
(*b*) $\vec{V} = 0$
(*c*) $a = 0$
(*d*) $\Delta\vec{V} = 0$

[(*c*) y (*d*)]

50. Enuncie con sus propias palabras la primera Ley de Newton del movimiento.

[Si la fuerza total sobre un objeto es cero, no hay cambio en su estado de movimiento (no hay cambio en su velocidad; su rapidez y su dirección permanecen constantes, etc.)]

Sección 9. Segunda Ley de Newton del movimiento: Masa inercial $\vec{F} = m\vec{a}$

1. Véase el panel 11. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[M]

2. Panel 11. Examine y lea los párrafos que describen las Figs. 1 y 2. En la Fig. 1, el resorte fijo al centro del disco *no está estirado*; esto significa que no se está aplicando ninguna (*a*) ..... al disco a través del (*b*) .....

[(*a*) fuerza; (*b*) resorte]

3. Panel 11. En la Fig. 2, el resorte está *estirado*. Esto significa que (se está/no se está) aplicando una fuerza al disco.

[se está]

4. Panel 11. A mayor extensión del resorte, (mayor/menor) será la fuerza que se le aplica. Cuando el resorte no está estirado, (hay/no hay) fuerza aplicada al disco a través del resorte.

[mayor; no hay]

5. Panel 11, Figs. 1 y 2. La extensión del resorte varía (directamente/inversamente) con la ..... (*Complete esta oración.*)

[directamente; fuerza aplicada a él]

6. Si tomamos dos fotografías del mismo resorte y en ambas tiene la misma extensión, sabemos entonces que en ambos casos la fuerza aplicada al disco a través del resorte es .....

[constante, la misma]

7. Panel 11. Examine la Fig. 3 y lea el párrafo que la describe. Esta es una serie de fotografías de un disco que está siendo jalado ..... (dirección). Las fotografías del disco se tomaron a intervalos de tiempo de .... s

[de izquierda a derecha, hacia la derecha; ⅙]

8. Panel 11. Observe la extensión del resorte en las fotografías sucesivas del disco. La extensión es (la misma/diferente) en todos los casos.

[la misma]

9. Panel 11. Podemos concluir que durante el movimiento fotografiado en la Fig. 3, la ..... sobre el disco a través del resorte, es casi .....

[fuerza constante, igual en cada intervalo de tiempo, la misma en todas las fotografías, etc.]

10. Panel 11. La figura 3 es una ilustración de un experimento en el que a un objeto que se mueve sobre una superficie prácticamente ...., se le aplica una fuerza total .....

[sin fricción; constante]

11. Panel 11. Examine las distancias entre las marcas. El disco recorre distancias (iguales/desiguales) en intervalos de tiempo iguales.

[desiguales]

12. Panel 11. El disco de la Fig. 3 se mueve de izquierda a derecha, bajo la influencia de una fuerza total .....; el disco recorre distancias (más largas/más cortas/iguales) durante intervalos de tiempo posteriores.

[constante; más largas]

13. Panel 11. La Fig. 4 es una tabla de datos tomados de un experimento como el ilustrado en la Fig. 3. Nos dice que la distancia recorrida durante el cuarto intervalo de tiempo fue de ..... cm, y que cada intervalo fue de .... s.

[15.4; 1/10]

14. Panel 11, Fig. 4. La tercera columna está incompleta. Si estuviera completa, daría las velocidades medias ($\bar{V}$) durante intervalos de tiempo sucesivos. Con anterioridad desarrollamos una fórmula para calcular la velocidad media, en términos de Δt y Δd.

$$\bar{V} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

$$\left[\frac{\Delta d}{\Delta t}\right]$$

15. Panel 11, Fig. 4. La distancia recorrida durante el tercer intervalo de tiempo fue de ..... cm. El intervalo de tiempo fue de .... s. Calcule la velocidad media en el tercer intervalo.

$$\bar{V} = \text{.....}$$

[11.4 cm; 1/10 s;

$$\bar{V} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{11.4 \text{ cm}}{1/10 \text{ seg}}$$

$\bar{V} = 114$ cm/seg

Ponga el valor en la tabla]

16. Panel 11, Fig. 4. Ahora calcule la velocidad media para los intervalos cuarto, quinto y sexto.

[4o. intervalo $\overline{V} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{15.4 \text{ cm}}{1/10 \text{ seg}} = \mathbf{154 \text{ cm/seg}}$

5o. intervalo $\overline{V} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{19.3 \text{ cm}}{1/10 \text{ seg}} = \mathbf{193 \text{ cm/seg}}$

6o. intervalo $\overline{V} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{23.3 \text{ cm}}{1/10 \text{ seg}} = \mathbf{233 \text{ cm/seg}}$

Ponga estos valores en sus lugares correctos en la tercera columna]

17. Panel 11. Ahora la Fig. 4 debe verse como ésta:

Intervalo de tiempo ($\Delta t = 1/10$ s)	Distancia (Δd) recorrida en (Δt)	$\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$\Delta \overline{V}$
1	3.6 cm	36 cm/s	39 cm/s
2	7.5	75	
3	11.4	114	
4	15.4	154	
5	19.3	193	
6	23.3	233	

La cuarta columna es para cambios de velocidad de un intervalo al siguiente. El cambio de velocidad entre el primero y el segundo intervalo es de .....

[39 cm/s]

18. Panel 11, Fig. 4. Calcule el cambio de velocidad media del segundo al tercer intervalo.

[velocidad media en el tercer intervalo = 114 cm/s;
velocidad media en el segundo intervalo = 75 cm/s;
$\Delta \overline{V} = 114 \text{ cm/s} - 75 \text{ cm/s} = \mathbf{39 \text{ cm/s}}$
Ponga este valor en su tabla]

19. Panel 11, Fig. 4. Calcule los $\Delta \overline{V}$ para los intervalos tercer a cuarto, cuarto a quinto y quinto a sexto.

[3o. a 4o: $\Delta \overline{V} = 154 \text{ cm/s} - 114 \text{ cm/s} = 40 \text{ cm/s}$
4o. a 5o: $\Delta \overline{V} = 193 \text{ cm/s} - 154 \text{ cm/s} = 39 \text{ cm/s}$
5o. a 6o: $\Delta \overline{V} = 233 \text{ cm/s} - 193 \text{ cm/s} = 40 \text{ cm/s}$
Ponga estos valores en la tabla, para completarla]

20. Ahora examine la tabla ya completa en el panel 11, Fig. 4. Debe estar claro que cuando se aplica una fuerza total ..... a un objeto, su velocidad media (aumenta/disminuye/permanece constante) durante intervalos de tiempo sucesivos.

[constante; aumenta]

21. Panel 11, Fig. 4. La tercera columna de esta tabla muestra que una .... produce un cambio en la .....

[fuerza total constante; velocidad]

22. Panel 11, Fig. 4. Ahora examine la cantidad exacta de cambio de velocidad, mostrada en la cuarta columna. En cada uno de los casos el cambio es de .... ó .... cm/s.

[39, 40]

23. Panel 11, Fig. 4. La cuarta columna muestra que el ..... de velocidad de un intervalo al siguiente (siempre/a veces/nunca) es cercano a 39 cm/s.

[cambio; siempre]

24. Panel 11, Fig. 4. Dentro de los límites de posible error en un experimento como éste, podemos suponer que el cambio de velocidad es una cantidad (constante/variable).

[constante]

25. Panel 11, Fig. 4. Los datos de la cuarta columna muestran que una fuerza total constante produce un ..... constante en la ..... durante intervalos de tiempo sucesivos.

[cambio; velocidad]

26. Generalizando a partir de los datos del panel 11, Fig. 4, decimos que una .... produce un .... en la ....., para intervalos de tiempo sucesivos *iguales*.

[fuerza total constante; cambio constante; velocidad]

27. Llamamos cambio de velocidad por unidad de tiempo a la .....

[aceleración]

28. $\vec{a} = \dfrac{\text{.....}}{\text{.....}}$ (use símbolos)

$\left[\dfrac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}\right]$

29. $\vec{a} = \dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$

Δt es el intervalo de tiempo durante el cual tiene lugar el ..... de .....

[cambio (de) velocidad]

30. Panel 11, Fig. 4.

$\Delta\vec{V} = 39$ cm/s

$\Delta t =$ ..... s

Calcule $\vec{a}$.

[$\frac{1}{10}$ s; $\vec{a} = \dfrac{39 \text{ cm/s}}{\frac{1}{10} \text{ s}} = 390 \text{ cm/s}^2$]

31. Panel 11. La fuerza total constante sobre el disco, produce una aceleración ..... de 390 cm/s^2.

[constante]

32. En general, decimos que una fuerza total constante produce una ....

[aceleración constante]

33. Panel 11. Examine la Fig. 3. Note que la fuerza está aplicada de izquierda a derecha. El cambio de ..... ocurre en la misma .... en que se aplica la fuerza.

[velocidad; dirección]

34. Una fuerza total constante produce una aceleración ..... en la misma ..... en que se aplica la fuerza.

[constante; dirección]

35. Se aplica a un objeto una fuerza total constante. Mientras está aplicada, produce una aceleración que es constante en ..... y ....

[magnitud (y) dirección]

36. En el panel 10, la fuerza total aplicada al disco era una constante de valor ..... (número), y encontramos que la ..... del disco permaneció constante.

[cero, 0; velocidad]

37. En el panel 11, se aplicó una fuerza total constante mayor que ..... En este caso, la ..... del objeto permaneció constante.

[cero; aceleración]

38. Podemos enunciar cualitativamente la segunda Ley de Newton del movimiento. En efecto, cuando se aplica a un objeto una fuerza total constante, produce en él una ..... que es ..... en ..... y .....

[aceleración; constante; magnitud; dirección]

39. Es deseable formular matemáticamente la segunda Ley de Newton. Para hacerlo, debemos determinar cómo se relacionan entre sí una .... constante y la ..... constante que produce.

[fuerza total; aceleración]

40. Panel 11. Véase la Fig. 5. Es una tabla parcial de datos de un experimento en el cual la fuerza aplicada al disco fue ..... veces la que se aplicó (al mismo/a un diferente) disco usado para llenar la tabla de la Fig. 4.

[dos; al mismo]

41. Panel 11, Fig. 5. Examine esta tabla y complete la columna de velocidades medias, $\Delta d/\Delta t$.

[39 cm/s
117 cm/s
193 cm/s
273 cm/s
351 cm/s
429 cm/s]

42. Panel 11, Fig. 5. Ahora llene la columna que debe alistar los cambios en la velocidad media, de un intervalo al siguiente.

[117 − 39 = 78 cm/s
193 − 117 = 76 cm/s
273 − 193 = 80 cm/s
351 − 273 = 78 cm/s
429 − 351 = 78 cm/s]

43. Panel 11, Fig. 5. Note que todos los valores de $\Delta\overline{V}$ en la cuarta columna son iguales o muy cercanos a .... cm/s.

[78]

44. Panel 11, Fig. 5. Esta tabla de datos es para ulterior verificación de la ..... Ley de Newton del movimiento. Muestra que una fuerza total ..... mayor que ..... produce ..... iguales de velocidad en intervalos de tiempo .....

[segunda; constante; cero; cambios; iguales]

45. Panel 11. Ahora compare las cuartas columnas de las Figs. 4 y 5. La fuerza aplicada para obtener los datos de la Fig. 4 fue (la mitad/doble)

de la que se usó para la Fig. 5. El cambio de velocidad en la Fig. 5 es ..... del de la Fig. 4.

[la mitad; el doble]

46. Panel 11. La aceleración calculada para la Fig. 4 fue de 390 cm/s². Calcule la aceleración para la Fig. 5.

$$[a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{78 \text{ cm/s}}{1/10 \text{ s}} = 780 \text{ cm/s}^2]$$

47. Supóngase que F_1 y F_2 son fuerzas totales mayores que cero, y que $F_2 = 3F_1$. Los experimentos descritos en las Figs. 4 y 5 del panel 11 nos harían esperar que la aceleración producida por F_2 fuera .... la producida por F_1 cuando se aplicara al mismo disco.

[tres veces]

48. En general, podemos decir que la aceleración producida por una fuerza total ..... mayor que cero aplicada a un objeto dado, es (inversamente/directamente) proporcional a la fuerza.

[constante; directamente]

49. Las fuerzas totales F_1 y F_2 están aplicadas, sucesivamente, al mismo objeto y producen, respectivamente, las aceleraciones a_1 y a_2.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$$

$$[\frac{a_1}{a_2}]$$

50. Las fuerzas totales P y G están aplicadas, sucesivamente, al mismo objeto. Producen, respectivamente, las aceleraciones k y b. Escriba una ecuación que relacione estas fuerzas y la aceleración que producen.

$$[\frac{P}{G} = \frac{k}{b},$$

$$\frac{G}{P} = \frac{b}{k}, \text{ o bien } \frac{P}{k} = \frac{G}{b}]$$

51. Podemos expresar la segunda Ley de Newton en forma diferente, pero matemáticamente equivalente: $F_{\text{total}} = ma$, donde m es una constante de proporcionalidad llamada *masa inercial* del objeto al cual se aplica F_{total}. Esta es otra forma de establecer que la aceleración es .... a la fuerza total que la produce.

[directamente proporcional]

52. Puesto que la fuerza total y la aceleración son cantidades vectoriales, escribiremos $\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$. m es una constante llamada masa ..... del objeto que está siendo acelerado.

[inercial]

53. Si usted viaja de pie en un autobús que en la dirección del recorrido va suavemente y el operador aplica repentinamente los frenos, usted es lanzado (hacia adelante/hacia atrás).

[hacia adelante]

54. En realidad, a usted nada lo lanza hacia adelante. Usted solamente se mantiene .... a pesar de que el autobús se detuvo.

[en movimiento]

55. Como objeto físico, usted se resiste a cualquier cambio en su velocidad. Cuando el autobús para repentinamente, usted continúa moviéndose hacia adelante hasta que por sí mismo quede en reposo apoyándose contra un asiento, poste, etc. De acuerdo con una ley que está fuera del campo de la física, el operador arranca de nuevo tan repentinamente como paró. Usted es lanzado (hacia adelante/hacia atrás) porque como objeto físico, usted .... a este ..... en su estado de movimiento.

[hacia atrás; se resiste; cambio]

56. Esta resistencia a cambiar de velocidad es común a *todos* los objetos físicos. La masa ..... es una medida de esta propiedad, y está representada en nuestra expresión matemática de la segunda Ley de Newton, por la letra ....

[inercial; m]

57. $\vec{F}_{\text{total}} = ...$, donde m es una constante, característica del objeto que está siendo acelerado, y se llama su ....

[$m\vec{a}$ (no olvide la flecha); masa inercial]

58. $\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$

pero por definición, $\vec{a} = ...$

y, por lo tanto, $\vec{F}_{\text{total}} = m .....$

$$\left[\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t};\ \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}\right]$$

59. $\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$

Despeje m. $m = \dfrac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$

$[\dfrac{\vec{F}_{\text{total}}}{\vec{a}}]$

60. $m = \dfrac{\vec{F}_{\text{total}}}{\vec{a}}$

¿Cómo mediría usted la masa inercial de un objeto?

[Usted encontraría la razón de la fuerza total requerida para producir una aceleración, a la aceleración $\vec{a}$]

61. Escriba dos ecuaciones que expresen la segunda Ley de Newton del movimiento. Use las variables $\vec{F}_{\text{total}}$, $\vec{a}$, m, $\Delta\vec{V}$ y Δt.

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$

$\vec{F}_{\text{total}} = m\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$]

62. De acuerdo con la *primera* Ley de Newton del movimiento, cuando $\vec{F}_{\text{total}} = 0$, ...

[$\Delta\vec{V} = 0$]

63. $\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$;

Despeje $\vec{a}$. $\vec{a} = \dfrac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$

$[\dfrac{\vec{F}}{m}]$

64. La aceleración producida por una fuerza total aplicada a un objeto, es (directamente/inversamente) proporcional a la fuerza total, y (directamente/inversamente) proporcional a la masa inercial del objeto. Este es un enunciado de la ..... Ley de Newton del movimiento.

[directamente; inversamente; segunda]

65. Un objeto se mueve a velocidad constante en una trayectoria rectilínea. La fuerza total aplicada a él debe ser (igual a/mayor que) cero.

De pronto el objeto comienza a aumentar su velocidad en 5 cm/s cada s. Ahora sabemos que la fuerza total (variable/constante) aplicada, es (igual a/mayor que) cero.

[igual a; constante; mayor que]

66. Formulaciones matemáticas de la primera y la segunda leyes de Newton:

PRIMERA LEY

Si $\vec{F}_{\text{total}}$ $(>/=)$ 0,

entonces .....

SEGUNDA LEY

Si $\vec{F}_{\text{total}}$ $(>/=)$ 0,

entonces $\vec{a}$ = ...

[

PRIMERA LEY

Si $\vec{F}_{\text{total}} = 0$,

entonces $\Delta\vec{V} = 0$

SEGUNDA LEY

Si $\vec{F}_{\text{total}} > 0$,

entonces: $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}_{\text{total}}}{m}$]

Sección 10. Unidades MKS de fuerza

Problemas en que se aplican las leyes de Newton del movimiento

1. En el sistema MKS, las unidades empleadas para medir la masa son el ..... y el .....

[*En cualquier orden:* kilogramo, gramo]

2. Véase el panel 12. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[*W*]

3. Panel 12. Lea el problema 1. Se le pide ..... la velocidad del disco, de ... a ... m/s. El intervalo de tiempo es de ... s.

[cambiar; 0; 10; 5]

4. Panel 12, problema 1.

$\vec{a}$, $\Delta\vec{V}$, Δt, m, $\vec{F}_{\text{total}}$

¿Cuáles de estas variables se nos dan como datos?

[$\Delta\vec{V}$, Δt, m]

5. Panel 12, problema 1. ¿Qué ecuación relaciona estas variables con $\vec{F}_{\text{total}}$?

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$]

6. Panel 12, problema 1. Sustituya las variables conocidas y encuentre la fuerza total requerida.

$$[\vec{F}_{\text{total}} = m\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$$

$$\vec{F}_{\text{total}} = (1\text{ kg})\left(\frac{10\text{ m/s}}{5\text{ s}}\right)$$

$$\vec{F}_{\text{total}} = 2\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}]$$

7. La fuerza requerida para dar a una masa medida en *kg* una aceleración medida en m/s^2, se mide en $\frac{\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots}$ (unidades).

$$[\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}]$$

8. $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$ es una unidad *deducida*. Es una combinación de las unidades usadas para medir ....., ..., y ..... en el sistema MKS.

[*En cualquier orden:* masa; longitud; tiempo]

9. Un $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$ se llama un *newton*. Decimos que el $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$ es una unidad ..... El newton es una unidad que se usa para medir .....

[deducida; fuerza]

10. Un newton es la ..... requerida para dar a una ..... de 1 kilogramo una ..... de 1 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

[fuerza; masa; aceleración]

11. El peso de un objeto es una medida de la ..... que lo jala hacia el centro de la Tierra. Si hacemos que un objeto caiga libremente, su ..... le da una ..... de 9.8 m/s^2.

[fuerza; peso; aceleración]

12. El peso de 1 kilogramo masa es la ..... requerida para darle una aceleración de ..... m/s^2.

[fuerza; 9.8]

13. El ..... de un kilogramo masa es = su masa × 9.8 .....

[peso; m/s^2]

14. Sea $\vec{F}_p$ el peso de 1 kilogramo masa.

$\vec{F}_p =$ ..... $\times$ .....

$\vec{F}_p =$ .....

[1 kg $\times$ 9.8 m/s^2;

9.8 newtons ó 9.8 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$]

15. En el sistema MKS las fuerzas se miden en unidades deducidas, llamadas .....

[newton]

16. Recuerde que el peso de 1 kilogramo masa es 2.2 lbs. 2.2 lbs. = ... newtons.

[9.8]

17. 9.8 newtons = 2.2 lbs.

Dividiendo ambos miembros entre 9.8,

1 newton = ... lb.

[aproximadamente 0.2 lb]

18. ¿Qué fuerza se requiere para dar a 5 kg masa una aceleración de 3 m/s^2?

$\vec{F}_{\text{total}} =$ ..... (número y unidades).

[$\vec{F}_{\text{total}} = \vec{ma}$

$\vec{F}_{\text{total}} = (5 \text{ kg})(3 \text{ m/s}^2)$

$\vec{F}_{\text{total}} = 15$ newtons]

19. $\vec{F}_{\text{total}} = \vec{ma}$; $\vec{F}_{\text{total}} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$.

Siempre que usemos cualquiera de estas ecuaciones para calcular una fuerza en newtons, m debe estar en ..... (unidades), $\vec{a}$ en ....., $\Delta \vec{V}$ en ..... y Δt en ...

[kg; m/s^2; m/s; s]

20. Panel 12. Lea el problema 2. La ecuación que relaciona las variables mencionadas en este problema es .....

[$\vec{F}_{\text{total}} = \vec{ma}$]

21. Panel 12, problema 2.

$\vec{F} = m\vec{a}$.

$\vec{F}$ debe medirse en (*a*) .....

$m = 2$ kg

$a = 250$ cm/s^2

¿Podemos sustituir en la ecuación estos datos, tal como están? (*b*) ..... (sí o no, y explique).

[(*a*) newtons; (*b*) ¡No! La aceleración debe medirse en m/s^2]

22. Panel 12, problema 2.

$\vec{F} = m\vec{a}$.

$m = 2$ kg

$a = 250$ cm/s^2 = ... m/s^2

[1 m/s^2 = 100 cm/s^2
250 cm/s^2 = 2.5 m/s^2]

23. Panel 12, problema 2. Calcule la fuerza requerida.

[$\vec{F}_{\text{total}} = (2 \text{ kg})(2.5 \text{ m/s}^2)$

$\vec{F}_{\text{total}} = 5$ newtons]

24. Panel 12. Lea el problema 3.

Se nos pide encontrar la fuerza total en ..... (unidades).

¿Podemos hacer esto con los datos tal como nos los dan? (sí/no); explique.

[newtons; no porque m, ΔV y Δt *no* están dados en kg, m/s y s]

25. Panel 12, problema 3.

$m =$ ..... kg

$\Delta V =$ ..... m/s

$\Delta t =$ ..... s

$\vec{F}_{\text{total}} =$ ..... newtons

[0.5;
$0.8 - 0.2 = \mathbf{0.6}$ **m/s**
60;

$$\vec{F}_{\text{total}} = (0.5 \text{ kg}) \quad \frac{0.6 \text{ m/s}}{60 \text{ s}}$$

$\vec{F}_{\text{total}} = \mathbf{0.005}$ **newtons**]

26. Panel 12. Lea el problema 4. En este problema, la incógnita es la ..... del objeto bajo observación.

[masa]

27. Panel 12, problema 4. La ecuación que relaciona las variables mencionadas en el problema es: $\vec{F} = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$

[$m\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$]

28. Panel 12, problema 4.

$\vec{F} = m\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$

Despeje m. $m =$ ..... (*en símbolos*).

[$\frac{\vec{F}\,\Delta t}{\Delta\vec{V}}$]

29. Panel 12, problema 4. Si $\vec{F}$, Δt y $\Delta\vec{V}$ se miden en newtons, segundos y m/s, respectivamente, el valor calculado para m será en .....

[kg]

30. Panel 12, problema 4. Calcule m.

[$m = \frac{\vec{F}\,\Delta t}{\Delta\vec{V}}$

$m = \frac{(80 \text{ newtons})\,(20 \text{ s})}{(10 \text{ m/s})}$

$m = \mathbf{160\ kg}$]

31. Panel 12. Lea el problema 5. La ecuación que relaciona las variables mencionadas en el problema es ..... Es una formulación matemática de la ..... Ley de ..... del movimiento.

[$\vec{F} = m\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$; segunda; Newton]

32. Panel 12, problema 5.

Usando los datos suministrados en las unidades dadas, $\Delta\vec{V}$ se calculará en ..... (unidades).

Calcule $\Delta\vec{V}$.

[m/s

$$\Delta\vec{V} = \frac{\vec{F}\,\Delta t}{m}$$

$$\Delta\vec{V} = \frac{(5 \text{ newtons})\,(8 \text{ s})}{4 \text{ kg}}$$

$$\Delta\vec{V} = \mathbf{10 \text{ m/s}}]$$

33. Panel 12. Lea el problema 6. Con los datos tal como se dan, ¿podemos calcular el tiempo requerido en s? (sí/no). Explique.

[No, porque la velocidad está dada en cm/s]

34. Panel 12, problema 6.

$\Delta V =$ ..... m/s

[$5.50 - 1.00 = \mathbf{4.50 \text{ m/s}}$]

35. Panel 12, problema 6. Calcule Δt.

$$[\Delta t = m\frac{\Delta\vec{V}}{\vec{F}}$$

$$\Delta t = \frac{(50 \text{ kg})\,(4.50 \text{ m/s})}{100 \text{ newtons}}$$

$$\Delta t = \mathbf{2.25 \text{ s}}]$$

36. Panel 12. Hasta ahora hemos estado usando la unidad MKS de fuerza llamada ..... Esta es una unidad ..... que representa una combinación de las unidades básicas ...., ... y ....

[newton; deducida; kg; metro; s]

37. Panel 12. Lea el problema 7. Calcule la fuerza requerida usando las unidades que se dan.

$\vec{F} =$ ..... (número y unidades).

$$[\vec{F} = \frac{(100 \text{ g})\,(150 \text{ cm/s})}{5\text{s}}$$

$$\vec{F} = 3000\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{s}^2}]$$

38. Llamamos *dina* a $1\ \frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{s}^2}$. La dina es una unidad que se usa para medir una ....., cuando la masa sobre la que actúa se mide en ..... y el cambio de velocidad en .....

[fuerza; gramos; cm/s]

39. La fuerza necesaria para dar a un gramo masa una aceleración de 1 cm/s² es .....

[1 dina]

40. Para calcular $\vec{F}$ en dinas:

$\Delta\vec{V}$ debe medirse en .....

$\vec{a}$ debe medirse en .....

Δt debe medirse en .....

m debe medirse en .....

[cm/s; cm/s²; s; gramos]

41. La fuerza total que se requiere para dar a una masa de 10 kg una aceleración de 2 m/s² es 20 (newtons/dinas). La fuerza total necesaria para dar a 0.5 g una aceleración de 5 cm/s² es 2.5 (newtons/dinas).

[newtons; dinas]

42. La aceleración producida por el peso de cualquier objeto es 9.8 m/s². Esta aceleración es de ..... cm/s².

[980]

43. El peso de 1 gramo masa es igual a:

$$1 \text{ g} \times \text{.....} \text{ cm/s}^2 = \text{.....} \text{ dinas}$$

[980; 980]

44. Panel 12. Lea el problema 8. La parte (a) nos pide que calculemos la fuerza total en ..... (unidades).

[newtons]

45. Panel 12, problema 8. Parte (a). Calcule $\vec{F}_{\text{total}}$.

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$

$\vec{F}_{\text{total}} = (5 \text{ kg})(15 \text{ m/s}^2)$

$\vec{F}_{\text{total}} =$ **75 newtons**]

46. Panel 12, problema 8, parte (b). Para calcular $\vec{F}_{\text{total}}$ en dinas, m debe medirse en .... (unidades); $\vec{a}$ debe medirse en ..... (unidades).

[g; cm/s²]

47. Panel 12, problema 8 (b). Calcule $\vec{F}_{\text{total}}$ en dinas.

[m = 5 kg = 5000 g
$\vec{a}$ = 15 m/s² = 1500 cm/s²
$\vec{F}_{\text{total}}$ = (5000 g) (1500 cm/s²)
$\vec{F}_{\text{total}}$ = **7,500,000 dinas**]

48. Panel 12, problema 8.

Parte (a): $\vec{F}_{\text{total}}$ = 75 newtons
Parte (b): $\vec{F}_{\text{total}}$ = 7,500,000 dinas
75 newtons = ... dinas
1 newton = ... dinas

[75 newtons = **7,500,000 dinas**

$$1 \text{ newton} = \frac{7{,}500{,}000}{75} \text{ dinas}$$

1 newton = **100,000 dinas**]

49. La dina es una unidad de ..... (más grande/más pequeña) que el newton.

[fuerza; más pequeña]

50. 1 newton = 100,000 dinas ó $10^{?}$ dinas. (¿qué exponente?)

[5]

51. 1 dina = ... newton

[10^{-5} ó $\frac{1}{100{,}000}$ ó 0.00001]

52. 1 newton es la fuerza total que se requiere para dar a una masa de 1 .... una aceleración de 1 ..... 1 dina es la fuerza total que se requiere para dar a una masa de 1 .... una aceleración de 1 .....

[kg; m/s²; g; cm/s²]

53. 15 dinas = ... newton

[1 dina = 10^{-5} newton
15 dinas = **15 × 10^{-5} newton,** ó
1.5 × 10^{-4} newton]

54. La fuerza total requerida para dar a una masa de 1 gramo una aceleración de 1 cm/s² es 10^{-5} ..... ó 1 .....

[newton; dina]

55. Panel 12. Lea el problema 9. Determine la Ley de Newton del movimiento que se relaciona con el hecho de que el disco se mueve con velocidad constante sobre una superficie metálica sin fricción.

[Si la fuerza total aplicada a un objeto es cero, no hay cambio en su velocidad; (continuaría moviéndose en línea recta a velocidad constante, etc.)]

56. Panel 12, problema 9. La fricción (aumenta/disminuye) la velocidad de un objeto. Por lo tanto, la aceleración que produce es (positiva/negativa) con respecto a la velocidad que modifica.

[disminuye; negativa]

57. Panel 12, problema 9. Bajo la influencia de la fricción, la velocidad del disco cambia de .... m/s al .....

[50; cero, 0, reposo]

58. Panel 12, problema 9.

$\Delta\vec{V}$ = ... m/s

[− 50 m/s (no olvide el signo menos. El cambio de velocidad es *negativo.*)]

59. Panel 12, problema 9. La fuerza total que está produciendo un cambio de velocidad, tiene la misma (magnitud/dirección) que el cambio de velocidad que produce. En este caso,

$$\vec{F}_{\text{total}} = \text{.....} \text{ dinas}$$

[dirección; − 15 (no olvide el signo menos). Puesto que $\vec{F}_{\text{total}}$ tiene la misma dirección de $\Delta\vec{V}$, también tiene el mismo signo.)]

60. Panel 12, problema 9. Complete esta tabla con los valores conocidos o dados. Use una interrogación (?) para identificar la incógnita.

$\vec{F}_{\text{total}}$	
Δt	
m	
$\Delta\vec{V}$	

[− 15 dinas
?
100 g
− 50 cm/s]

61. Panel 12, problema 9. ¿Qué ecuación relaciona las variables alistadas en la tabla del marco anterior?

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$]

62. Panel 12, problema 9. Calcule Δt.

[$-15 \text{ dinas} = \dfrac{(100 \text{ g})(-50 \text{ cm/s})}{\Delta t}$

$\Delta t = \dfrac{(100 \text{ g})(-50 \text{ cm/s})}{(-15 \text{ dinas})} = 333 \text{ s}$]

63. Panel 12. Lea el problema 10. La fuerza total hacia arriba debe ser (mayor/menor) que el peso de la masa de 10 kg.

[mayor]

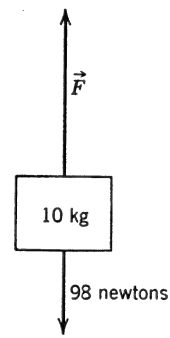
64. Panel 12, problema 10. El peso de una masa de 10 kg es de ..... newtons.

[10 kg $\times$ 9.8 m/s^2 = **98 newtons**]

65. Panel 12, problema 10.

Hagamos $\vec{F}$ = fuerza total hacia arriba.

$\vec{F}_{\text{total}}$ = ... − ..... newtons



[$\vec{F} - 98$]

66. Panel 12, problema 10.

$\vec{F}_{\text{total}} = \vec{ma}$

$\vec{F}_{\text{total}} = (\vec{F} - 98)$ newtons

Escriba una ecuación que relacione a $\vec{F}$ con $\vec{ma}$.

[$\vec{F} - 98 = \vec{ma}$]

67. Panel 12, problema 10. Sustituya con los valores conocidos y encuentre la fuerza total. Desarrolle.

[$\vec{F} - 98 = \vec{ma}$

$\vec{F} - 98 = (10 \text{ kg})(2 \text{ m/s}^2)$

$\vec{F} - 98 = 20$ newtons

$\vec{F} =$ **118 newtons**]

68. Panel 12. Lea el problema 11 y examine la figura. Puesto que la masa de 5 kg es más pesada que la de 2 kg, la masa de ..... se moverá hacia arriba y la de ..... hacia abajo.

[2 kg; 5 kg]

69. Panel 12, problema 11. La fuerza total produciendo aceleración es la (suma/diferencia) de los ..... de las dos masas.

[diferencia; pesos]

70. Panel 12, problema 11. El peso de la masa de 5 kg es de ..... newtons. El peso de la masa de 2 kg es de ..... newtons.

[$(5\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2) = \mathbf{49\text{ newtons}}$
$(2\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2) = \mathbf{19.6\text{ newtons}}$]

71. Panel 12, problema 11.

$\vec{F}_{\text{total}} =$ ..... newtons

[49 newtons − 19.6 newtons = **29.4 newtons**]

72. Panel 12, problema 11.

$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$

La fuerza total acelera a (solamente la masa de 5 kg/solamente la masa de 2 kg/ambas masas).

[ambas masas]

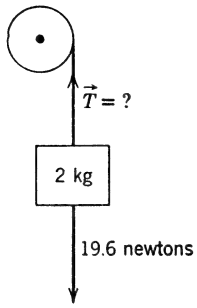
73. Panel 12, problema 11. En este problema, la masa total acelerada es de .... kg.

[7]

74. Panel 12, problema 11. Haga sustituciones y despeje la aceleración.

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$
$29.4\text{ newtons} = (7\text{ kg})\vec{a}$
$\dfrac{29.4\text{ newtons}}{7\text{ kg}} = \vec{a}$
$\vec{a} = 4.2\text{ m/s}^2$]

75.



Panel 12, problema 11(*b*). La tensión en el cabo del lado derecho es la ..... total requerida para vencer el ..... de la masa de 2 kg y darle a esta masa de 2 kg ..... (*Complete esta oración.*)

[fuerza; peso; una aceleración de 4.2 m/s^2]

76. Panel 12, problema 11(*b*). La fuerza total aplicada a la masa de 2 kg es la (suma/diferencia) de la ..... en el cabo y el ..... de la masa de 2 kg.

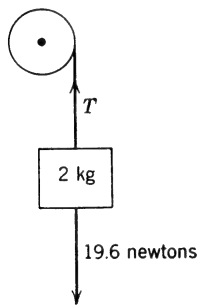
[diferencia; tensión; peso]

77. Panel 12, problema 11(*b*). Hagamos que T represente a la tensión.

$$F_{\text{total}} = (\ldots\ldots - \ldots\ldots) \text{ newtons}$$

[$(T - 19.6)$]

78.



Panel 12, problema 11(*b*). La masa acelerada por la fuerza total $T - 19.6$ newtons es de .....

[2 kg]

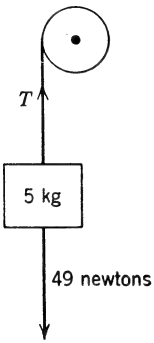
79. Panel 12, problema 11(*b*). Escriba una ecuación que relacione a T con la aceleración y la masa de 2 kg.

[$T - 19.6 = 2a$]

80. Panel 12, problema 11(*b*). Despeje la tensión en el cabo derecho.

[$T - 19.6$ newtons $= (2 \text{ kg})(4.2 \text{ m/s}^2)$
$T - 19.6$ newtons $= 8.4$ newtons
$T = \mathbf{28}$ **newtons**]

81.



Panel 12, problema 11(*c*). Puesto que la masa de 5 kg está acelerándose hacia abajo, la tensión en este cabo debe ser (mayor/menor) que el peso de la masa de 5 kg.

[menor]

82. Panel 12, problema 11(*c*). Sean W = peso de la masa de 5 kg, y T = tensión en el cabo. Entonces,

$$F_{\text{total}} = \ldots\ldots\ldots \text{ (use } W \text{ y } T)$$

[$W - T$]

83. Panel 12, problema 11(*c*). La masa acelerada por la fuerza total $W - T$ es la masa de .... kg. El valor de la aceleración es .... m/s².

[5; 4.2]

84. Panel 12, problema 11(*c*). Calcule la tensión en el cabo izquierdo.

[$W - T = ma$
49 newtons $- T = (5 \text{ kg})(4.2 \text{ m/s}^2)$
$T = \mathbf{28}$ **newtons**]

85. Panel 12. Lea el problema 12. Despreciando la masa de la cuerda, la masa total acelerada es de ..... kg. La fuerza total que produce la aceleración es el ..... de la masa de .... kg.

[$10 + 2 = \mathbf{12}$; peso; 2]

86. Panel 12, problema 12. El peso de la masa de 2 kg es de ..... newtons.

[19.6]

87. Panel 12, problema 12(*a*).

$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$

$\vec{F}_{\text{total}} =$ ..... newtons

$m =$ ..... kg

$a =$ ..... m/s²

[19.6

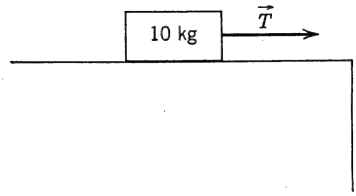
12

19.6 newtons $= (12 \text{ kg})\vec{a}$

$\dfrac{19.6 \text{ newtons}}{12 \text{ kg}} = \vec{a}$

$\vec{a} = 1.6 \text{ m/s}^2$]

88. Panel 12, problema 12(*b*). La tensión $\vec{T}$ es la fuerza requerida para dar a la masa de .... kg una aceleración de .... m/s².



[10; 1.6]

89. Panel 12, problema 12(*b*). Calcule $\vec{T}$ en newtons.

[$\vec{T} = m\vec{a}$

$\vec{T} = (10 \text{ kg})(1.6 \text{ m/s}^2)$

$\vec{T} =$ **16 newtons**]

90. Panel 12. Lea el problema 13. Hemos visto que la fuerza total sobre un objeto es la .... de todas las fuerzas aplicadas a él.

[suma vectorial]

91. Panel 12, problema 13. En este problema, ¿qué ecuación relaciona a $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_{\text{total}}$?

[$\vec{F}_{\text{total}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$]

92. Panel 12, problema 13. Se nos dice que $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ actúan en ángulo ..... entre sí. Esto significa que podemos calcular la magnitud de $\vec{F}_{\text{total}}$ usando el teorema de .....

[recto; Pitágoras]

93. Panel 12, problema 13. En la figura (b):

$\vec{F}_{\text{total}} =$ ..... *(en símbolos)*

y

$(F_{\text{total}})^2 =$ ..... *(en símbolos)*

[$\vec{F}_1 + \vec{F}_2$;
$F_1^2 + F_2^2$]

94. Panel 12, problema 13. Calcule la magnitud de la fuerza total actuando sobre el electrón.

[$(F_{\text{total}})^2 = (6 \times 10^{-10})^2 + (8 \times 10^{-10})^2$
$(F_{\text{total}})^2 = (36 \times 10^{-20}) + (64 \times 10^{-20})$
$(F_{\text{total}})^2 = 100 \times 10^{-20}$
$F_{\text{total}} = \mathbf{10 \times 10^{-10}}$ **newtons ó** $\mathbf{10^{-9}}$ **newtons**]

95. Panel 12, problema 13. De acuerdo con la segunda Ley de Newton del movimiento, el electrón será acelerado en la (misma dirección/dirección opuesta) de la .... que actúa sobre él. Esta dirección será la de ..... en la Fig. $3(b)$.

[misma dirección; fuerza total; $\vec{F}_{\text{total}}$]

96. Panel 12, problema 13. Podemos encontrar la magnitud de la aceleración del electrón, usando la ecuación: .....

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$ ó $\vec{a} = \dfrac{F_{\text{total}}}{m}$]

97. Panel 12, problema 13. Calcule la magnitud de la aceleración.

[$F_{\text{total}} = ma$
10^{-9} newtons $= (9 \times 10^{-31}\ \text{kg})a$
$a = \dfrac{10^{-9}\ \text{newton}}{9 \times 10^{-31}\ \text{kg}}$
$a = 1.1 \times 10^{21}\ \text{m/s}^2$]

98. Panel 12. Lea el problema 14. Cuando la fuerza total es aplicada en la misma dirección en que se mueve la masa, el cambio de velocidad es (positivo/negativo) y la velocidad (aumenta/disminuye).

[positivo; aumenta]

99. Panel 12, problema $14(a)$. Para contestar esta parte del problema, tenemos que encontrar primero (el aumento/la disminución) en la velocidad. Llamemos $\Delta\vec{V}$ a este cambio. ¿Qué ecuación relaciona a $\vec{F}_{\text{total}}$ con $\Delta\vec{V}$?

[el aumento; $\vec{F}_{\text{total}} = \dfrac{m\Delta\vec{V}}{\Delta t}$]

100. Panel 12, problema 14(*a*). Calcule ΔV (magnitud + dirección con relación a la velocidad original).

[$\vec{F}_{\text{total}} = \text{m}\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$

$20 \text{ newtons} = (5 \text{ kg})\dfrac{\Delta V}{6 \text{ s}}$

$\Delta\vec{V} = \dfrac{(20 \text{ newtons})(6 \text{ s})}{(5 \text{ kg})}$

$\Delta\vec{V} = 24$ m/s en la misma dirección de la velocidad original]

101. Panel 12, problema 14(*a*). Después de 6 s la velocidad de la masa es de ..... m/s.

[$\vec{V} + \Delta\vec{V} = 100 \text{ m/s} + 24 \text{ m/s} = \mathbf{124 \text{ m/s}}$]

102. Panel 12, problema 14(*b*). Aquí la fuerza total está aplicada en dirección opuesta al movimiento original de la masa. Esto significa que $\Delta\vec{V}$ representa (un aumento/una disminución) en la velocidad.

[una disminución]

103. Panel 12, problema 14(*b*). Puesto que la masa, la *magnitud* de la fuerza total y el intervalo de tiempo son los mismos de la parte (*a*) del problema, la *magnitud* de $\Delta\vec{V}$ es .... m/s.

[24]

104. Panel 12, problema 14. Ya que la dirección de $\Delta\vec{V}$ es ..... a la de la velocidad original, la velocidad de la masa después de 6 s será de ..... m/s.

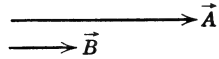
[opuesta

$\vec{V} + \Delta\vec{V} = 100 \text{ m/s} - 24 \text{ m/s} = \mathbf{76 \text{ m/s}}$]

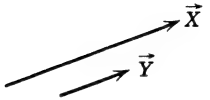
PROBLEMAS

1. De las siguientes cantidades, ¿cuáles son escalares y cuáles vectoriales? (*a*) 10 metros/s, (*b*) 10 metros hacia el sur, (*c*) 6 metros/s^2 hacia el centro de la Tierra, (*d*) 5 metros/s hacia el sur, (*e*) 15 gramos/cm^3, (*f*) 15.

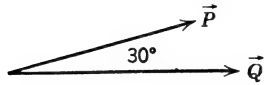
2. Construya la suma vectorial de $\vec{A}$ y $\vec{B}$. Ambos están en la misma dirección.



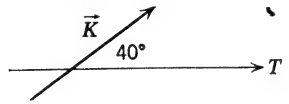
3. Construya $\vec{X} + \vec{Y}$. Ambos están en la misma dirección.



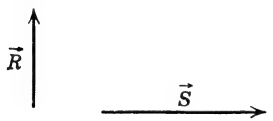
4. *Construya* $\vec{P} + \vec{Q}$.



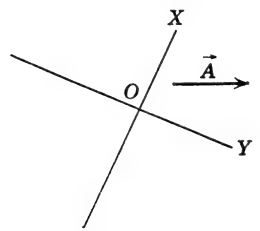
5. Construya $\vec{K} + \vec{T}$.



6. Construya $\vec{R} + \vec{S}$ y $\vec{S} + \vec{R}$.



7. Construya las componentes de A a lo largo de OX y OY.



8. ¿Qué fuerza en dinas se requiere para dar a una masa de 17 gramos una aceleración de 2.5 cm/s^2?

9. ¿Qué fuerza se requiere para cambiar la velocidad de una masa de 4 kg, de 2.00 a 8.00 m/s en un intervalo de 5.00 s?

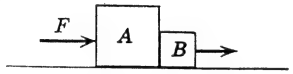
10. Una masa desconocida es acelerada, de 12 m/s a 15 m/s en 10 s por una fuerza total de 4 newtons. ¿Qué masa es?

11. Una fuerza total constante de 1.20×10^2 newtons actúa sobre una masa de 12 kg durante 10 segundos. (*a*) Calcule la aceleración producida. (*b*) Si la masa está en reposo al aplicar por primera vez la fuerza, calcule la distancia recorrida en 10 s y la velocidad de la masa al final de los 10 s.

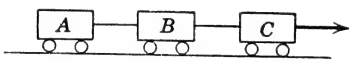
12. La masa de un electrón es 9×10^{-31} kg. ¿Cuál es la fuerza necesaria para acelerar a un electrón, a partir del reposo, a razón de 2×10^3 m/s^2?

13. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección de la fuerza total que se requiere para parar en un intervalo de tiempo de 0.25 s, una masa de 10 kg que se está moviendo a una velocidad de 30 m/s hacia el norte?

14. Sobre una masa de 10 kg actúan en ángulo recto entre sí una fuerza de 5.00 newtons y otra de 12.00 newtons. Calcule (*a*) la aceleración que producen. (*b*) la distancia que recorre la masa a partir del reposo en 5 s, bajo la influencia de estas fuerzas.

15. 

En el diagrama de arriba, los bloques *A* y *B* se mueven juntos sobre una superficie a nivel y sin fricción, en la dirección indicada. Se están moviendo con una aceleración de 4 m/s^2. La fuerza total *F* que produce la aceleración es de 16 newtons. (*a*) si la masa de *A* es de 3.00 kg, ¿cuál es la masa de *B*?; (*b*) ¿qué fuerza ejerce *A* sobre *B*?

16. 

Los carros *A*, *B* y *C* son jalados a lo largo de esta superficie por una fuerza total constante $F = 25$ newtons. Cada carro tiene una masa de 5 kg. (*a*) Calcule la aceleración del sistema. (*b*) Encuentre la tensión de la línea que une a *B* con *C*. (*c*) Encuentre la tensión en la línea que une a *B* y *A*.

CAPITULO 4

PESO
CAMPO GRAVITACIONAL
CAIDA LIBRE

Sección 1. Masa gravitacional y masa inercial

1. En el capítulo anterior vimos que la ..... Ley de Newton del movimiento nos dio un método para medir la masa. Podemos encontrar la masa de un objeto, si le aplicamos una .... conocida y medimos el (o la) ..... que produce en el movimiento del objeto.

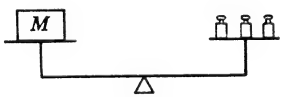
[segunda; fuerza total; cambio (aceleración)]

2. Por ejemplo, si se requiere una fuerza total de 10 newtons para dar a cierto objeto una aceleración de 2 m/s², la masa del objeto es de ..... kg.

[$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$
10 newtons = (2 m/²)m
m = 5 kg]

3. La masa de un objeto determinada en esta forma es la llamada masa .....

[inercial]

4. 

La determinación de la masa inercial de un objeto no es la única forma de conocer su masa La figura representa una *balanza de platillos ordinaria.* Si el objeto *M* queda balanceado exactamente con las tres masas patrones de 1 kilogramo cada una, decimos que la ..... de *M* es de .... kg.

[masa; 3]

5. Podemos encontrar la masa de diversos objetos, determinando cuántas masas patrón de un kilogramo y/o de un gramo se requieren para equilibrarlas en una ....

[balanza de brazos iguales]

6. La masa de un objeto, determinada en una balanza de brazos iguales, se llama masa *gravitacional.* Cuando la masa se determina por la ecuación $m = \frac{\vec{F}_{\text{total}}}{\vec{a}}$, entonces se llama masa .....

[inercial]

7. Podríamos encontrar la masa inercial de este libro, determinando la ..... que produciría en su movimiento una .... conocida.

[aceleración; fuerza total]

8. ¿Cómo encontraría usted la masa gravitacional de este libro?

[Determinando cuántas masas patrones de un kilogramo o gramo se necesitan para balancearla, en una balanza de brazos iguales]

9. Las masas gravitacional e inercial (se pueden/no se pueden) medir en las mismas unidades.

[se pueden]

10. La distinción básica entre la masa gravitacional y la inercial (es/no es) las unidades en que se pueden medir.

[no es]

11. La distinción básica entre estas dos clases de masa es la forma en que se .....

[miden, determinan, etc.]

12. Las masas gravitacional e inercial se miden en (las mismas/diferentes) unidades, y con (los mismos/diferentes) instrumentos.

[las mismas; diferentes]

13. Si usamos un instrumento para medir fuerzas, y un cronómetro y una cinta métrica para medir cambios de velocidad, entonces contamos con equipo para medir masa .....

[inercial]

14. El instrumento que usamos para medir masa gravitacional es la ....

[balanza de brazos iguales]

15. Se han ejecutado muchos experimentos para comparar las masas gravitacional e inercial del mismo objeto y no se han encontrado diferencias apreciables entre ellas. Mientras usemos las mismas unidades para medirlas, las masas gravitacional e inercial tendrán (igual/diferente) magnitud.

[igual]

16. La conveniencia o la comodidad es la razón por la que averiguamos la masa gravitacional, o la inercial, de un objeto. En cualquier caso, ambas masas del mismo objeto siempre tienen la misma .....

[magnitud]

17. Contamos con dispositivos que miden la aceleración de un electrón en un haz de electrones, bajo la influencia de fuerzas eléctricas y/o magnéticas conocidas. Cuando medimos la masa de un electrón, estamos averiguando su masa .....

[inercial]

18. Encontrar la masa gravitacional o la inercial de un objeto, depende del tamaño de éste. La masa de un electrón es de aproximadamente 10^{-31} kg. ¿Cree usted que sea práctico determinar la masa gravitacional de un electrón? (sí/no); explique.

[No. Es demasiado pequeño para que podamos determinarla con la balanza de platillos.]

19. Es relativamente difícil determinar con precisión la aceleración de un objeto del tamaño de este libro bajo la influencia de una fuerza conocida. Es más fácil encontrar la masa (gravitacional/inercial) de este libro, debido a que .....
.....

[gravitacional; puede medirse muy fácilmente con masas patrones, en una balanza de brazos iguales]

20. Todos los objetos físicos tienen tanta masa gravitacional como inercial. Su masa inercial se mide aplicando la ecuación: .....
Su masa gravitacional se mide con ....

[$\vec{F} = m\vec{a}$, o bien; $m = \dfrac{\vec{F}}{\vec{a}}$

la balanza de brazos iguales]

21. Las masas gravitacional e inercial las distinguimos entre sí por (las unidades/los métodos) que empleamos para medirlas.

[los métodos]

22. Cuando las masas gravitacional e inercial del mismo objeto se miden en las mismas unidades, tienen la misma .....

[magnitud]

23. Sean m_i y m_g respectivamente las masas inercial y gravitacional de A Midamos m_g y m_i en kilogramos:

$$\frac{m_i}{m_g} = \ldots\ldots \ (número)$$

[1 (puesto que tienen la misma magnitud)]

Sección 2. Fuerza gravitacional. Peso

1. La velocidad con magnitud y dirección es una cantidad ..... Un cambio de velocidad vectorial puede ser un cambio en su ..... o un cambio en su ..... o un cambio simultáneo de ambas.

[vectorial; *en cualquier orden:* magnitud, dirección]

2. La aceleración es el ..... de ..... por unidad de .....

[cambio; velocidad; tiempo]

3. El cambio en la dirección de la velocidad (es/no es) una aceleración.

[es]

4. La Luna recorre una trayectoria curva alrededor de la Tierra. Esto significa que la ..... de su velocidad está cambiando continuamente.

[dirección]

5. La Luna (está/no está) en estado de aceleración continua.

[está]

6. Las aceleraciones son causadas por .....
.....

[fuerzas totales mayores que cero, fuerzas no equilibradas, etc.]

7. Debe haber una fuerza total mayor que cero aplicada continuamente a la Luna. Suponemos lo anterior teniendo en cuenta el hecho de que está moviéndose .....
.....

[en una trayectoria curva, en una trayectoria que cambia continuamente de dirección]

8. Si la fuerza total aplicada a la Luna fuera cero, recorrería una trayectoria ..... a velocidad .....

[rectilínea; constante]

9. Puesto que la Luna no recorre una trayectoria rectilínea, sabemos que la fuerza total aplicada a ella (es/no es) mayor que cero.

[es]

10. Esta fuerza total es una fuerza *gravitacional* ejercida sobre la Luna por la Tierra. Su magnitud depende de las *masas* de la Tierra y de la Luna y de la *distancia entre sus centros*. Un satélite terrestre artificial también está continuamente acelerado. La fuerza que produce esta aceleración (es/no es) una fuerza gravitacional.

[es]

11. La Tierra se mueve en una trayectoria curva (elíptica) alrededor del Sol. Esta aceleración es producida por una fuerza que ejerce el Sol sobre la Tierra. Esta es una fuerza gravitacional; es decir, su magnitud depende de las ..... de los objetos bajo consideración, y de la .....
..... entre sus .....

[masas; distancia; centros]

12. Si usted sostiene este libro en el aire con su mano y entonces la retira, el libro ..... al piso.

[caerá]

13. El libro cambiará su velocidad de ....., cuando está en reposo en su mano, a una velocidad mayor que ..... cuando cae.

[cero; cero]

14. Cuando usted deja caer el libro, hay un ..... en su velocidad.

[cambio, aumento]

15. La fuerza que hace que el libro caiga es la misma que hace que la Luna se mueva en una trayectoria curva. Esta fuerza depende de las ..... que intervienen (la Tierra y el libro), y de la ....
.... Se llama fuerza .....

[masas; distancia entre sus centros; gravitacional]

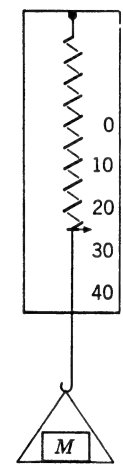
16. En particular, la fuerza gravitacional entre la Tierra y cualquier objeto que esté en su superficie o cerca de ella, se llama ..... del objeto.

[peso]

17. El peso es justamente una clase de fuerza ..... Si no está equilibrada por otras fuerzas, produce una ..... en el movimiento del objeto. El peso de un objeto siempre está dirigido hacia .... (*Complete esta oración.*)

[gravitacional; aceleración; el centro de la Tierra]

18. El peso de un objeto lo medimos con una balanza de *resorte*. Esta balanza de resorte se usa para medir el peso de *M*. Los números ilustrados en la figura, deben ser unidades de (masa/fuerza).



[fuerza]

19. La masa gravitacional la medimos en una balanza ..... La fuerza gravitacional, llamada peso, la medimos en un balanza ....

[de brazos iguales; de resorte]

20. El *kilogramo* y el *gramo* son unidades que se usan para medir ..... gravitacional. El *newton* y la *dina* son unidades empleadas para medir ..... gravitacional.

[masa; fuerza]

21. El peso y la masa gravitacional (son/no son) la misma cantidad física. Explique su respuesta.

[no son (el peso es una clase de fuerza; *no es* una masa)]

22. Las fuerzas son cantidades ..... El peso tiene tanto ..... como .....

[vectoriales; *en cualquier orden:* magnitud, dirección]

23. Para encontrar la magnitud del peso de un objeto usamos una balanza .....

[de resorte]

24. El peso de un objeto es la .... que lo empuja ..... (*¿hacia dónde?*)

[fuerza gravitacional; hacia el centro de la Tierra]

25. El peso y la masa gravitacional de un objeto son (las mismas/diferentes) cantidades físicas. Ambas se miden en (las mismas/diferentes) unidades.

[diferentes; diferentes]

26. El peso de un objeto sobre la superficie de la Tierra, o cerca de ella, es una clase de fuerza ..... Tales fuerzas dependen tanto de las ..... de los objetos bajo consideración, como de la .... (*Complete esta oración.*)

[gravitacional; masas; distancia entre sus centros]

27. La fricción entre dos superficies en contacto (es/no es) una fuerza gravitacional.

[no es]

28. Las fuerzas eléctricas dependen de las cargas eléctricas de los objetos que intervienen y de la distancia entre sus centros. Las fuerzas eléctricas (son/no son) gravitacionales.

[no son]

29. Las fuerzas que mantienen a los planetas del sistema solar en sus órbitas elípticas (son/no son) fuerzas gravitacionales.

[son]

30. Las fuerzas que ejerce la Tierra sobre la Luna, sobre satélites artificiales terrestres, sobre el libro que cae y sobre el Sol y los demás planetas, (son/no son) todas ellas, fuerzas gravitacionales.

[son]

Sección 3. El peso es proporcional a la masa $\vec{F}_p = m_g\vec{g}$

El campo gravitacional

1. Véase el panel 13. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[K]

2. Panel 13. Examine la Fig. 1. La tabla muestra que las masas de 1 kg tienen (los mismos/diferentes) pesos, en los lugares indicados.

[diferentes]

3. Panel 13, Fig. 1. ..... iguales tienen diferentes ..... en distintos lugares.

[masas; pesos]

4. Panel 13, Fig. 1. Compare la relación que hay entre los pesos de una masa de 2 kg y una de 1 kg en cada uno de los lugares. En todos los casos, la relación es .... (*número*).

[2]

5. Suponiendo que usted está en un lugar como la Zona del Canal de Panamá, donde el peso de una masa de 1 kg es de 9.782 newtons, ¿cuánto cree usted que pesaría una masa de 2 kg, *en el mismo lugar?*

[2 × 9.782 newtons = **19.564 newtons**]

6. En una posición *P* dada, se sabe que el peso de una masa gravitacional de 1 kg es de 9.80 newtons. ¿Cuáto cree usted que pesaría, en ese mismo lugar, una masa de 3 kg?

[3 × 9.80 newtons = 29.40 newtons]

7. *K* tiene una masa gravitacional de 2 kg, y *L* una masa gravitacional de 8 kg. El peso de *L* es .... veces el peso de *K*, cuando sus pesos se miden ..... (*¿Dónde?*)

[4; en el mismo lugar, posición, sitio, punto, etc.]

8. En general, al aumentar la masa gravitacional de un objeto su peso (aumenta/disminuye). Pero el peso y la masa gravitacional de un objeto son (las mismas/diferentes) cantidades físicas.

[aumenta; diferentes]

9. Los pesos y las masas gravitacionales de diversos objetos bajo consideración son (directamente/inversamente) proporcionales entre sí, cuando el peso de esos objetos se determina en ..... (*Complete esta oración.*)

[directamente; el mismo lugar, etc.]

10. Panel 13, Fig. 1. En la ciudad de Nueva York se pesa una masa de 2 kg, y en el Polo Norte una de 5 kg. Estos pesos (son/no son) directamente proporcionales a las masas bajo consideración. Explique su respuesta.

[No son, porque los pesos se han medido en diferentes lugares]

11. Sea $\vec{F}_p$ el peso de un objeto con masa gravitacional m_g. Usaremos $\vec{g}$ como una constante de proporcionalidad, que depende del lugar en que se mida .... (*símbolo*). Entonces $\vec{F}_p =$ .....

[$\vec{F}_p$; $m_g\vec{g}$]

12. La masa gravitacional de un objeto es una propiedad intrínseca del mismo. Esto significa que, sin importar dónde midamos la masa gravitacional de un objeto, su magnitud es ..... También hemos visto que una misma masa tiene (el mismo/diferentes) peso(s) en distintos .....

[la misma, constante; diferentes; lugares, puntos, posiciones, etc.]

13. $\vec{F}_p = m_g\vec{g}$

m_g representa la masa gravitacional, que generalmente es diferente para distintos objetos. Es (constante/variable) para el mismo objeto en lugares diferentes. $\vec{F}_p$ es (constante/variable) para el mismo objeto en lugares diferentes.

[constante; variable]

14. $\vec{F}_p = m_g\vec{g}$

Despeje $\vec{g}$:

$$\vec{g} = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$$

[$\dfrac{\vec{F}_p}{m_g}$]

15. $\vec{g} = \dfrac{\vec{P}_p}{m_g}$

Podemos definir $\vec{g}$ como la ..... gravitacional por unidad de ..... gravitacional.

[fuerza; masa]

16. $\vec{g} = \dfrac{\vec{F}_p}{m_g}$

Para calcular la magnitud de $\vec{g}$ en cualquier lugar especificado, primero medimos el ..... en ese lugar de una masa conocida.

[peso]

17. Entonces calculamos el valor de la relación ..... Si la masa conocida se mide en kilogramos y el peso en newtons, $\vec{g}$ tendrá las unidades .....

[$\frac{\vec{F}_p}{m_g}$; newtons/kg]

18. Refiérase al Panel 13. La Fig. 2 es una tabla de valores de ..... para diversos lugares en la superficie de la Tierra.

[$\vec{g}$]

19. Panel 13, Fig. 2. El valor más grande de la magnitud de $\vec{g}$ es de ..... newtons/kg en .....

[9.832; el Polo Norte]

20. Panel 13, Fig. 2. El valor menor de $\vec{g}$ que se da, es de .... y está en .....

[9.782 newtons/kg; la Zona del Canal y en Java]

21. La latitud es una medida de la distancia hacia el Norte, o hacia el Sur, a partir del Ecuador. Las mediciones de latitud comienzan en 0° en el Ecuador, hasta 90° N en .... y hasta 90° S en ....

[el Polo Norte; el Polo Sur]

22. Panel 13, Fig. 2. La tabla nos muestra que Java y la Zona del Canal de Panamá están relativamente cerca del ..... (latitudes de 6°S y 9°N respectivamente) y que ambas están (cercanas al/muy encima del) nivel del mar.

[Ecuador; cercanas al]

23. Panel 13, Fig. 2. Tanto la Zona del Canal de Panamá como Java, están mucho más cercanas al Ecuador, que el Polo Norte. Los tres lugares, el Polo Norte, Java y la Zona del Canal de Panamá, están casi al nivel del mar. Puesto que la Tierra se ensancha en el Ecuador, Java y la Zona del Canal de Panamá están más (lejanas del/cercanas al) centro de la Tierra, que el Polo Norte.

[lejanas del]

24. Panel 13, Fig. 2. Tanto Java como la Zona del Canal de Panamá están más lejanas del centro de la Tierra, que el Polo Norte. Esto se debe a que la Tierra se ensancha en .....

[el Ecuador]

25. Panel 13, Fig. 2. Vemos que el valor de $\vec{g}$ es (mayor/menor) en el Polo Norte que en Java o en la Zona del Canal. Esto nos lleva a suponer que el valor de $\vec{g}$ en cualquier localidad dada está relacionado (directamente/inversamente) con la distancia que hay de la localidad al .... (*Complete la oración.*)

[mayor; inversamente; centro de la Tierra]

26. Panel 13, Fig. 2. Observe los datos para Chicago y Denver. Compare sus alturas sobre el nivel del mar. ¿Son (iguales/diferentes)?. Ahora compare sus latitudes. Respecto a ellas, ¿son (iguales/diferentes)?

[diferentes; iguales]

27. Panel 13, Fig. 2. ¿Qué localidad, Chicago o Denver, es la más alejada del centro de la Tierra? Diga por qué.

[Denver, porque tiene mayor altura sobre el nivel del mar]

28. Panel 13, Fig. 2. Liste Chicago y Denver, en los espacios que se dan a continuación, como sigue:
En la columna I, lístelos en orden descendente de su distancia al centro de la Tierra. En la columna II, lístelos en orden ascendente de su valor de $\vec{g}$.

I	II
.....	.....
.....	.....

[Denver (1638 m) — Denver (9.796 nt/kg)
Chicago (182 m) — Chicago (9.803 nt/kg)

29. Esta es una prueba más de que el valor de $\vec{g}$ es (directamente/inversamente) proporcional a la distancia que hay al .....

[inversamente; centro de la Tierra]

30. En física, llamamos *campo* a todo conjunto de valores de una cantidad física que dependen del lugar donde se mide esa cantidad. El conjunto de valores de $\vec{g}$ de la Fig. 2, panel 13, (constituye/no constituye) un campo.

[constituye]

31. Los distintos valores de la relación de la fuerza gravitacional a la masa gravitacional, medidos en diferentes ubicaciones respecto del centro de la Tierra, constituyen el ..... gravitacional de la Tierra.

[campo]

32. Cualquier conjunto de valores de una cantidad física que dependen de los lugares donde se miden, se llama ..... En particular, un conjunto de valores de $\vec{g}$ se llama ....

[campo; campo gravitacional]

33. Una partícula cargada eléctricamente ejerce una fuerza sobre otras partículas cargadas que están alrededor de ella. La relación de esta fuerza eléctrica a la carga, sobre la partícula afectada, depende de la distancia entre esta partícula y la primera. ¿Constituye un campo el conjunto de valores de esta relación en distintas posiciones? (sí/no). Explique.

[Sí, porque un *campo* es cualquier conjunto de valores de una cantidad física que dependen de su posición]

34. ¿Es gravitacional el campo descrito en el marco anterior? (sí/no). Explique.

[No, porque no depende de las masas gravitacionales de los objetos presentes]

35. Véase el Panel 13, Fig. 3. Los vectores de mayor longitud son los que representan el .... en la ..... de la Tierra.

[campo gravitacional; superficie]

36. Panel 13, Fig. 3. Por lo tanto, los vectores más largos representan el valor del campo gravitacional a una distancia de aproximadamente ..... m del centro de la Tierra.

[6×10^6 m]

37. Panel 13, Fig. 3. Los vectores marcados $\vec{g}_2$ representan el valor del campo gravitacional a una distancia de ..... m del centro de la Tierra. La magnitud del campo a esta distancia es (mayor/menor) que en la superficie.

[9×10^6; menor]

38. Panel 13, Fig. 3. Los vectores cortos, que son los $\vec{g}_3$, representan el campo gravitacional a una distancia de ..... del centro de la Tierra. $\vec{g}_1$, $\vec{g}_2$ y $\vec{g}_3$ tienen .....s diferentes, inversamente proporcionales a sus .....s del centro de la Tierra. Cada uno está dirigido hacia (el mismo/un diferente) punto.

[6×10^{12} m; magnitud(es); distancia(s); el mismo]

39. Hemos visto que el campo gravitacional depende del lugar y, específicamente, de la distancia al centro de la Tierra. Un examen del Panel 13, Fig. 2, nos indica que todos los valores de g sobre o cerca de la ..... de la Tierra son de .... newton/kg aproximadamente (con dos cifras significativas).

[superficie; 9.8]

40. Panel 13, Fig. 2. Medidas precisas indican que $\vec{g}$ varía con la ..... y la altura sobre el .... para objetos que están sobre o cerca de la superficie de la Tierra. La variación es (pequeña/grande), y para uso práctico podemos emplear el valor de $\vec{g} =$ ..... para el campo *cerca* de la superficie de la Tierra.

[latitud; nivel del mar; pequeña; 9.8 newton/kg]

41. ¿Podemos usar el valor $\vec{g} = 9.8$ newtons/kg para el campo gravitacional de la Tierra en las cercanías de la Luna? (sí/no). Diga por qué.

[No, porque no está cerca de la superficie de la Tierra]

42. 3.1×10^{-6} newtons/kg.

Este es el cambio aproximado en el valor del campo gravitacional por cada metro que cambie la altura sobre el nivel del mar. En un lugar donde $g = 9.800$ newtons/kg al nivel del mar, (sumaríamos/restaríamos) 3.1×10^{-6} newton/kg por cada metro de altura sobre el nivel del mar.

[restaríamos (El campo se hace más pequeño al elevarnos, es decir, al alejarnos del centro de la Tierra]

43. El valor del campo gravitacional disminuye con la altura. La disminución por metro de altura es (grande/pequeña) comparada con el valor de $\vec{g}$ al nivel del mar. Por ejemplo, una disminución de 3.1 newtons/kg requeriría un aumento de altura de ..... metros.

[pequeña; 10^6 (un millón)]

44. La aviación comercial vuela aproximadamente a 3000 m sobre el nivel del mar. Suponga que $\vec{g}$ es de 9.8000 newtons/kg al nivel del mar. ¿Cuál es la magnitud del campo gravitacional a esta altura?

[El campo gravitacional disminuye a razón de 3.1×10^{-6} newtons/kg, por metro de altura.
Disminución de $\vec{g} = 3000 \text{ m} \times 3.1 \times 10^{-6}$ newton/kg $= 9.3 \times 10^{-3} =$ 0.0093 newton/kg.
A 3000 m, $\vec{g} = 9.8000 - 0.0093 =$ **9.7907** newtons/kg]

45. Para la mayoría de los problemas prácticos donde usemos $\vec{g}$, podemos considerar al avión del problema anterior relativamente (cerca/lejos) de la superficie de la Tierra, porque el cambio de $\vec{g}$ a esa altura es muy (grande/pequeño) comparado con la magnitud misma de $\vec{g}$.

[cerca; pequeño]

46. El "campo gravitacional de la Tierra" es el nombre que se da al conjunto de todos los valores de la relación ....., a diversas distancias desde .....

[$\frac{\vec{F}_g}{m_g}$; el centro de la Tierra]

47. *Campo* es el nombre que se da a cualquier conjunto de valores de cantidades físicas, que dependen del .....

[lugar, localidad, posición, etc.]

48. El campo gravitacional lo definimos como la relación de la .... a la ....

[fuerza gravitacional; masa gravitacional]

49. Sobre la superficie de la Tierra o cerca de ella, el campo gravitacional varía con la ..... y la altura sobre el .... Sin embargo, para usos prácticos, podemos usar el valor ..... $\frac{\text{newton}}{\text{kg}}$ (2 cifras significativas).

[latitud; nivel del mar; 9.8]

50. La masa gravitacional de un objeto (es/no es) constante en cualquier lugar.

[es]

51. Llamamos *peso* de un objeto, a la .... que ejerce la Tierra sobre el objeto.

[fuerza gravitacional]

52. El peso de un mismo objeto es (el mismo/diferente) en lugares diferentes.

[diferente]

53. El peso de un objeto está relacionado (directamente/inversamente) con su distancia al centro de la Tierra.

[inversamente]

54. El peso de un objeto es (directamente/inversamente) proporcional a su masa gravitacional.

[directamente]

55. Un hombre al alunizar ¿tiene la misma masa en la Luna que la que tiene a la Tierra? (sí/no). ¿Tiene el mismo peso? (sí/no)

[sí; no]

56. La masa gravitacional de un objeto se mide en una .... (*Complete esta oración.*)

[balanza de brazos iguales]

57. Especialmente en objetos muy pequeños como los electrones, o muy grandes como la Luna, es más fácil determinar la masa ..... en vez de la masa gravitacional. Para hacer esto, tenemos que aplicar alguna forma de la ..... Ley de Newton del movimiento.

[inercial; segunda]

58. Cuando m_i y m_g del mismo objeto se mide en las mismas unidades, la relación $\frac{m_i}{m_g} =$ .....

[= 1, porque m_i y m_g son iguales para el mismo objeto]

Sección 4. La caída libre en la cercanía de la superficie de la Tierra

1. Un objeto está en reposo en la orilla de una mesa. Usted lo empuja fuera de la mesa y cae. Ha habido un ..... en su ....

[cambio; estado de movimiento, o de velocidad]

2. Los cambios en el estado de movimiento de un objeto son producidos por ..... mayores que .....

[fuerzas totales; cero]

3. Suponiendo que la resistencia al aire es despreciable, la fuerza total actuando sobre un objeto que cae es el ..... del objeto.

[peso]

4. El peso de un objeto ($\vec{F}_p$) está relacionado con su masa gravitacional (m_g) y con el campo gravitacional ($\vec{g}$) por la ecuación: .....

La fuerza total ($\vec{F}_{total}$) aplicada a un objeto, está relacionada con la masa inercial (m_i) del objeto y con la aceleración ($\vec{a}$) que éste sufre, por la ecuación: .....

[$\vec{F}_p = m_g\vec{g}$

$\vec{F}_{total} = m_i\vec{a}$]

5. Despreciando la resistencia al aire, la fuerza total sobre un objeto que cae es el ..... del objeto, o sea: $m_g\vec{g}$ = ...

[peso; $m_i\vec{a}$]

6. $m_i\vec{a} = m_g\vec{g}$

Dividendo ambos miembros entre m_i, el resultado es: $\vec{a}$ = ...

[$\frac{m_g}{m_i}\vec{g}$]

7. Despreciando la ....., la aceleración de un objeto que cae está dada por la ecuación $\vec{a} = \frac{m_g}{m_i}\vec{g}$.

Si m_g y m_i se miden en las mismas unidades, $\frac{m_g}{mi}$ = ... y $\vec{a}$ = ...

[resistencia al aire; 1; $\vec{g}$]

8. Cuando la resistencia al aire es despreciable $\vec{a} = \vec{g}$. Esta ecuación indica que la aceleración producida por el peso de un objeto depende de la posición del objeto en el ....

[campo gravitacional]

9. Despreciando la resistencia al aire, la aceleración de un objeto que cae (depende/no depende) de la masa del objeto.

[No depende, porque no aparece en la ecuación $\vec{a} = \vec{g}$]

10. En el vacío (donde no hay ....), una pluma y un peso de plata (se aceleran/no se aceleran) igualmente, si se dejan caer desde el mismo punto y simultáneamente.

[resistencia al aire; se aceleran]

11. Se dice que un objeto está en estado de *caída libre* cuando su aceleración depende únicamente de su posición en el campo gravitacional. Cuando la resistencia al aire es despreciable, un objeto que cae (está/no está) en estado de caída libre.

[está]

12. Cuando cae una pluma de ave, la resistencia del aire *no es* despreciable. Una pluma que cae en el aire (está/no está) en estado de caída libre.

[no está]

13. La aceleración de cualquier masa en estado de caída libre, está dada por la ecuación: .....

[$\vec{a} = \vec{g}$]

14. $\vec{a} = \vec{g}$
Esta ecuación se aplica a cualquier objeto en estado de ....

[caída libre]

15. Puesto que la aceleración de un objeto en estado de caída libre depende únicamente de su posición en el campo gravitacional, podemos suponer que diferentes masas caigan con (la misma/diferente) aceleración.

[la misma]

16. Para un objeto en estado de caída libre, $\vec{a} = \vec{g}$. Esto significa que a y g tienen el mismo valor numérico. En otras palabras, para posiciones en la superficie de la Tierra o cerca de ella, $\vec{a}$ = ... m/s^2.

[9.8]

17. Para cualquier objeto en estado de caída libre, $\vec{a}$ y $\vec{g}$ (tienen/no tienen) la misma dirección.

[tienen]

18. Una pluma de ave y un peso de plomo (caen/no caen) con la misma aceleración, cuando se dejan caer en el aire. Explique su respuesta.

[No caen, puesto que la resistencia del aire no es despreciable en el caso de la pluma]

19. En estado de caída libre, dos o más objetos que tienen la misma aceleración tienen la misma ..... en el ....

[posición; campo gravitacional]

20. Suponiendo caída libre cerca de la superficie de la Tierra, $\vec{a} = \vec{g}$:

9.8 ..... (*unidades*) = 9.8 ..... (*unidades*)

[m/s^2; newtons/kg]

21. En este curso, de ahora en adelante usaremos $\vec{g}$ para representar la aceleración producida por una fuerza total igual al peso de un objeto. Cuando se usa en esta forma, $\vec{g}$ se llama "aceleración de la gravedad", y tiene las unidades ..... Cuando $\vec{g}$ se usa para designar el valor del campo gravitacional, tiene las unidades .....

[m/s^2; newton/kg]

22. "$g = 9.8$ m/s^2" es el valor de la ..... de la ..... sobre/o cerca de la superficie de la Tierra.

[aceleración; gravedad]

23. Al alejarnos de la superficie de la Tierra, la aceleración de la gravedad (aumenta/disminuye), debido a que disminuye la magnitud del .... al alejarnos, asimismo, del centro de la Tierra.

[disminuye; campo gravitacional]

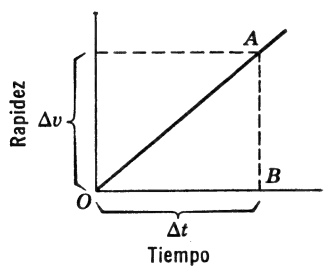
24. La aceleración de la gravedad disminuye al alejarnos de la superficie de la Tierra. Sin embargo, en la superficie o cerca de ella, en estado de .... es prácticamente constante.

[caída libre]

25. Debido a que sobre la superficie de la Tierra o cerca de ella el valor de $\vec{g}$ es casi constante, el movimiento de objetos en estado de caída libre cerca de la superficie puede tratarse como movimiento .....mente acelerado, en el cual $\vec{a} = \vec{g} =$ .... m/s^2.

[uniforme(mente) o constante(mente); 9.8]

26.



Esta es una gráfica rapidez-tiempo del movimiento de un objeto en caída libre. La pendiente de esta curva representa la ..... de la .....

[aceleración; gravedad]

27. Refiérase a la gráfica del marco 26. La pendiente de esta curva es de .... m/s^2.

[9.8]

28. Véase la gráfica del marco 26. Sea $\vec{g}$ la aceleración de la gravedad. Escriba una ecuación que relacione a $\vec{g}$ con Δv y Δt.

[$\vec{g} = \dfrac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ o bien $\Delta \vec{v} = \vec{g}\Delta t$]

29. Refiérase a la gráfica del marco 26. La altura recorrida en el tiempo Δt está representada gráficamente por el .... (*Complete esta oración.*)

[área bajo la curva para el intervalo Δt (o el área del triángulo OAB)]

30. Refiérase a la gráfica del marco 26. Escriba una ecuación para el área del triángulo OAB, en términos de Δt y $\Delta \vec{v}$.

[Area $= \frac{1}{2}bh$; Area $= \frac{1}{2}\Delta t \cdot \Delta \vec{v}$]

31. Véase la gráfica del marco 26.

(1) Area $OAB = \frac{1}{2}\Delta \vec{v} \cdot \Delta t$

(2) Pero $\Delta \vec{v} = \vec{g}\Delta t$

(3) Sustituyendo en (1) $\Delta \vec{v}$ con $\vec{g}\Delta t$ obtenemos: altura recorrida = ...

[$\frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2$]

32. Véase gráfica del marco 26. Esta gráfica describe un movimiento que comienza con una velocidad igual a ..... (*número*). Las ecuaciones $\Delta \vec{v} = \vec{g}\Delta t$, y $d = \frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2$ se aplican, por lo tanto, a la caída libre a partir del estado de .....

[cero, 0; reposo]

33. Desde lo alto de una torre se deja caer un peso de plomo. ¿Cuál es su velocidad después de 2 s?

[$\Delta \vec{v} = \vec{g}\Delta t$
$\vec{g} = 9.8$ m/s^2
$\Delta t = 2$ s
$\Delta v = 9.8$ m/s$^2 \times 2$ s $= \mathbf{19.6}$ m/s]

34. ¿Qué distancia ha recorrido el mismo peso en 2 s?

[$d = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
$d = \frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(2 \text{ s})^2 = \frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s})(4 \text{ s}^2) = \mathbf{19.6}$ m]

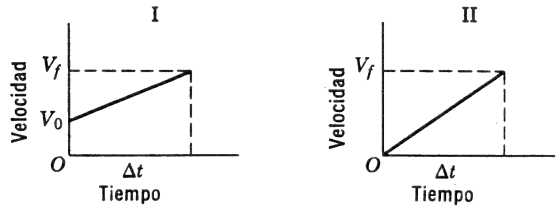
35. ¿Cuál es la aceleración del mismo peso, después de que ha caído durante 2 s?

[9.8 m/s² (en las cercanías de la superficie de la Tierra, consideramos a la caída libre *uniformemente* acelerada]

36. Supóngase que se lanza hacia abajo un peso de plomo, con una velocidad inicial $\vec{V}_0$. Puesto que la dirección de $\vec{g}$ (es/no es) hacia abajo, la velocidad $\vec{V}_f$ después de un intervalo de tiempo Δt determinado, está dada por la ecuación: $\vec{V}_f = \vec{V}_0 + \ldots\ldots$

[es; $\vec{g}\Delta t$]

37.



¿Cuál gráfica (I ó II) representa la situación descrita en el marco 36?

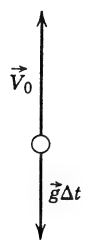
[I]

38. Un objeto es lanzado hacia abajo con una velocidad de 5 m/s. ¿Cuál es su velocidad después de 3 s de caída libre?

[$\vec{V}_f = \vec{V}_0 + \vec{g}\Delta t$

$\vec{V}_f = 5$ m/s + (9.8 m/s² · 3 s) = 5 m/s + 29.4 m/s = 34.4 m/s]

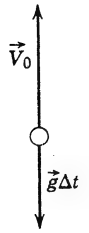
39.



$\vec{V}_0$ representa la velocidad con que el objeto es lanzado hacia arriba. $\vec{g}\Delta t$ representa el efecto del campo gravitacional sobre el objeto, después de un tiempo Δt. La velocidad ($\vec{V}_f$) después de Δt, es la .... de $\vec{V}_0$ y $\vec{g}\Delta t$. En símbolos: ..... = ...

[suma vectorial; $\vec{V}_f = \vec{V}_0 + \vec{g}\Delta t$]

40. $\vec{V}_0$ y $\vec{g}\Delta t$ tienen (la misma dirección/direcciones opuestas). La magnitud de $\vec{V}_f$ es la (suma/diferencia) de las magnitudes de $\vec{V}_0$ y $\vec{g}\Delta t$.



[direcciones opuestas; diferencia]

41. La dirección de $\vec{g}$ siempre es (hacia arriba/hacia abajo). La dirección de $\vec{g}\Delta t$ debe ser .....

[hacia abajo; hacia abajo]

42. Un objeto es lanzado hacia arriba con una velocidad $\vec{V}_0$. Sea $\vec{V}_f$ su velocidad, después de Δt s. Escriba una ecuación, usando las magnitudes V_0, V_f, Δt y g.

..... = ...

[$V_f = V_0 - g\Delta t$]

43. $V_f = V_0 - g\Delta t$

Esta ecuación de magnitudes describe una situación en la cual la dirección de V_0 es ..... Si la magnitud de $g\Delta t$ es menor que V_0, entonces la dirección de V_f es (hacia arriba/hacia abajo).

[hacia arriba; hacia arriba]

44. $V_f = V_0 - g\Delta t$

Si la magnitud de $g\Delta t$ es mayor que la de V_0, entonces la dirección de V_f es .....

[hacia abajo]

45. Un objeto es lanzado hacia arriba con una velocidad de 20 m/s. ¿Cuál es la velocidad del objeto al final de 1 s? ¿Cuál es la dirección de la velocidad en ese momento?

[$V_f = V_0 - g\Delta t = 20$ m/s $- 9.8$ m/s^2 (1 s) $= 10.2$ m/s hacia arriba]

46. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad del objeto descrito en el marco anterior después de 4 s? ¿Cuál es su dirección?

[$V_f = V_0 - g\Delta t$
$V_f = 20$ m/s $- (9.8$ m/s$^2)(4$ s$) = 20$ m/s $- 39.2$ m/s $= -19.2$ m/s hacia abajo]

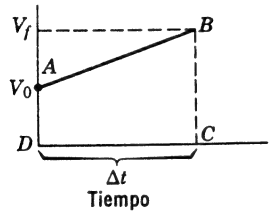
47. Se lanza un objeto hacia abajo con una velocidad de 2 m/s. Calcule su velocidad después de 5 s de caída libre. Diga cuál es su dirección.

[$V_f = V_0 + g\Delta t$
$V_f = 2$ m/s + (9.8 m/s^2 × 5 s) = 2 m/s + 49 m/s = 51 m/s hacia abajo]

48. Un hombre que está de pie en la orilla de un acantilado, lanza una piedra hacia arriba con una velocidad de 2 m/s. ¿Cuál es la velocidad de la piedra, después de 5 s? ¿Cuál es el significado del signo que tiene su respuesta?

[$V_f = V_0 - g\Delta t$
$V_f = 2$ m/s − (9.8 m/s^2 × 5 s) = 2 m/s − 49 m/s = − 47 m/s
El signo menos indica dirección *hacia abajo.*]

49.



Esta es una gráfica del movimiento de un objeto lanzado hacia abajo con una velocidad $\vec{V}_0$.

La altura recorrida en la caída, en el tiempo Δt, está representada gráficamente por ..... (*Complete esta oración.*)

[el área de *ABCD*, o área bajo la curva, etc.]

50. Refiérase a la gráfica del marco 49.
ABCD es un trapezoide. Su área es = $\frac{1}{2}(DC)\,(AD + BC)$
$DC = \Delta t$; $AD = V_0$; $BC = V_f$
La distancia de caída, en el tiempo Δt, está dada por la ecuación:

$$d = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

[$\frac{1}{2}\Delta t(V_0 + V_f)$]

51. (1) $d = \frac{1}{2}\Delta t(V_0 + V_f)$
(2) $V_f = V_0 + g\Delta t$
(3) Substituyendo en (1) V_f por $V_0 + g\Delta t$, tenemos $d =$ .....
.....

[$\frac{1}{2}\Delta t(V_0 + V_0 + g\Delta t)$ ó $\frac{1}{2}\Delta t(2V_0 + g\Delta t)$]

52. $d = \frac{1}{2}\Delta t(2V_0 + g\Delta t)$
Multiplicando todo el paréntesis por $\frac{1}{2}\Delta t$ tenemos que $d =$ .....
.....

[$V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$]

53. Una piedra es lanzada hacia abajo con una velocidad de 5 m/s. ¿Cuánto ha caído en 2 s?

[$d = V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
$d = (5\ \text{m/s} \cdot 2\ \text{s}) + \frac{1}{2}(9.8\ \text{m/s}^2)(4\ \text{s}^2) = 10\,\text{m} + 19.6\ \text{m} = 29.6\ \text{m}$]

54. $d = V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
Si V_0 es una velocidad inicial *hacia arriba* y se considera *positiva*, el signo de g es (positivo/negativo).

[negativo]

55. Una piedra es lanzada hacia arriba con una velocidad de 10 m/s. ¿A qué altura ha llegado después de 1 s?

[$d = V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
$g = -9.8\ \text{m/s}^2$
$d = (10\ \text{m/s} \cdot 1\ \text{s}) + \frac{1}{2}(-9.8\ \text{m/s}^2)(1\ \text{s}^2) = 10\ \text{m} - 4.9\ \text{m} = 5.1\ \text{m}$]

56. $d = V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
Si V_0 está dirigida hacia arriba y se considera positiva, el producto "$\frac{1}{2}g(\Delta t)^2$" debe ser (positivo/negativo).

[negativo]

57. Un objeto es lanzado hacia arriba con una velocidad $\vec{V}_0$. Dejará de moverse hacia arriba, después de un tiempo Δt, cuando $V_f =$ ..... (*número*).

[0]

58. $V_f = V_0 - g\Delta t$
Cuando $V_f = 0$, el objeto lanzado hacia arriba con una velocidad $\vec{V}_0$ ha alcanzado su punto más .....

[alto]

59. $V_f = V_0 - g\Delta t$
En su punto más alto, $V_0 - g\Delta t =$ .... (*número*).

[0]

60. $V_0 - g\Delta t = 0$

A un objeto se le da una velocidad hacia arriba de $\vec{V}_0 = 49$ m/s. ¿Cuánto tiempo emplea en alcanzar su punto más alto?

[$49 \text{ m/s} - (9.8 \text{ m/s}^2)\Delta t = 0$

$$\Delta t = \frac{49 \text{ m/s}}{9.8 \text{ m/s}^2} = 5 \text{ s}]$$

61. $d = V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$

¿A qué altura está el punto más alto alcanzado por el objeto descrito en el marco 60?

[$d = (49 \text{ m/s} \times 5 \text{ s}) + \frac{1}{2}(-9.8 \text{ m/s}^2)(25 \text{ m}^2/\text{s}^2) = 122.5 \text{ m}$]

62. ¿A qué altura está a los 7 s, el objeto descrito en el marco 60?

[$d = V_0\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2 = (49 \text{ m/s} \cdot 7 \text{ s}) - \frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(49 \text{ s}^2) =$ 102.9 m]

Sección 5. Análisis elemental del movimiento de un proyectil

1. Véase el Panel 14. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[G]

2. Panel 14. Lea el párrafo descriptivo. La pelota de la izquierda cayó verticalmente. Esto significa que la componente horizontal de su velocidad vale .....

[cero]

3. Panel 14. La pelota de la derecha tiene una componente ..... inicial de la velocidad, igual a 2 m/s.

[horizontal]

4. Se dice que un objeto está en estado de caída libre si la fuerza total aplicada a él es ..... (*Complete esta oración.*)

[su peso, o la fuerza gravitacional ejercida por la Tierra sobre el cuerpo]

5. Panel 14. Ambas pelotas (están/no están) en estado de caída libre.

[están]

6. Panel 14. $\vec{a} = \vec{g}$.

Esta ecuación se aplica (sólo a la pelota de la izquierda/sólo a la pelota de la derecha/a ambas pelotas).

[a ambas pelotas]

7. Panel 14. Ambas pelotas comienzan la caída en el estado de reposo. La distancia que cae la pelota de la izquierda, en un tiempo Δt, se calcula con la ecuación: $d =$ .....

[$\frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2$]

8. Panel 14. Un examen a la fotografía muestra que las pelotas, al caer, recorren (la misma/diferentes) distancia(s) *vertical(es)* en el mismo intervalo de tiempo.

[la misma]

9. Panel 14. Puesto que ambas pelotas están en estado de ....., ambas sufren la misma ..... de la gravedad. Después de un tiempo Δt, las componentes verticales de sus velocidades son (iguales/desiguales).

[caída libre; aceleración; iguales]

10. Panel 14. Después de un tiempo Δt, ambas pelotas han recorrido una distancia vertical $d =$ ....., y ambas tienen una componente vertical de la velocidad, $\vec{V}_y =$ .....

[$\frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2$; $\vec{g}\Delta t$]

11. Panel 14. La trayectoria recorrida por la pelota con componente horizontal de la velocidad igual a cero, es una línea ..... La trayectoria seguida por la pelota con componente horizontal de velocidad mayor que cero, es una línea .....

[recta; curva]

12. Panel 14. Ambas pelotas están en estado de caída libre. Siguen trayectorias (idénticas/diferentes). Recorren (la misma/distintas) distancia(s) vertical(es) en los mismos intervalos de tiempo. Después de un tiempo Δt, las componentes verticales de la velocidad (son/no son) iguales entre sí.

[diferentes; la misma; son]

13. Panel 14. Esto nos lleva a la conclusión de que la componente vertical de la velocidad de cualquier objeto en estado de caída libre, (depende de/es independiente de) su trayectoria.

[es independiente de]

14. Panel 14. También podemos deducir que la componente vertical de la velocidad (depende/no depende) de la horizontal.

[no depende]

15. Panel 14. De aquí en adelante usaremos los siguientes símbolos:
$\vec{V}_x$ = componente horizontal de la velocidad
$\vec{V}_y$ = componente vertical de la velocidad
$\vec{x}$ = desplazamiento horizontal
$\vec{y}$ = desplazamiento vertical
Para la pelota de la izquierda $\vec{V}_x$ = ... y $\vec{V}_y$ = ... en un tiempo Δt.

[0; $\vec{g}\Delta t$]

16. Panel 14. En el margen superior de la fotografía están marcados los desplazamientos recorridos *horizontalmente* por la pelota de la derecha, en intervalos de 1/20 de segundo. Compárelos entre sí. Son (iguales/desiguales) entre ellos.

[iguales]

17. Panel 14. Horizontalmente, la pelota de la derecha recorre distancias ..... en intervalos de tiempo iguales.

[iguales]

18. Panel 14. Esto indica que la componente horizontal de la velocidad de un objeto en estado de caída libre es (constante/uniformemente acelerada).

[constante]

19. Panel 14. Sea $\vec{V}_x$ la componente horizontal de la velocidad de la pelota de la derecha. El desplazamiento horizontal en un tiempo Δt está dado por $\vec{x}$ = ...

[$\vec{V}_x\Delta t$]

20. Panel 14. Para la pelota de la izquierda, $\vec{V}_x =$ .... (*número*) m/s, y $\vec{V}_y =$ ..... (*en símbolos*), después de un tiempo Δt. Para la pelota de la derecha, $\vec{V}_x =$ .... (*número*) m/s, y $\vec{V}_y =$ ..... (*símbolos*) después de un tiempo Δt.

[0; $g\Delta t$; 2 m/s; $g\Delta t$]

21. Dos objetos soltados en caída libre en el mismo punto, necesariamente siguen la misma trayectoria (verdadero/falso). Si $\vec{V}_x \neq 0$, la trayectoria a lo largo de la cual el objeto cae, es una línea .....

[falso; curva]

Sección 6. Problemas

1. Examine el Panel 15. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[G]

2. Panel 15. Lea el problema 1. Suponiendo que la canica está en estado de caída libre, su aceleración es de ..... (*número y unidades*).

[9.8 m/s^2]

3. Panel 15, problema 1. Hemos tratado al movimiento de un objeto en estado de caída libre, como una forma de movimiento .....
.....

[uniformemente acelerado]

4. Panel 15, problema 1(*a*). En un tiempo Δt, $V_y =$ ..... (*símbolos*).

Sustituyendo y despejando $\vec{V}_y$ a los 0.3 s:

[$\vec{g}\Delta t$
$\vec{V}_y = (9.8 \text{ m/s}^2) \cdot (0.3 \text{ s}) = \mathbf{2.94 \text{ m/s}}$]

5. Panel 15. En el problema 2, $\vec{V}_x =$ .... m/s.

¿Tiene $\vec{V}_x$ algún efecto en el tiempo que toma la pelota de golf en llegar al suelo? (sí/no). Explique su respuesta.

[10
No, porque las componentes horizontal y vertical de la velocidad de un objeto en caída libre son independientes]

6. Panel 15, problema 2(*a*). La pelota comienza a moverse a partir del reposo. Cuando llega al suelo, $\Delta t =$ .... s.

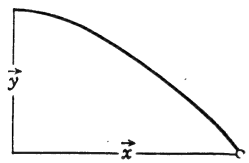
[2.5]

7. Panel 15, problema 2(*a*). Calcule $\vec{V}_y$ para un $\Delta t = 2.5$ s.

$$\vec{V}_y = \text{.....}$$

[$\vec{V}_y = \vec{g}\Delta t$
$\vec{V}_y = (9.8 \text{ m/s}^2)(2.5 \text{ s})$
$\vec{V}_y = 24.5 \text{ m/s}$]

8.



Panel 15, problema 2(*a*). En esta figura, la magnitud de .... representa la distancia entre la base del acantilado y el punto en que la pelota toca el suelo.

[$\vec{x}$]

9. Panel 15, problema 2(*b*). $\vec{x}$ depende de $\vec{V}_x$, que es (constante/uniformemente acelerada).

[constante]

10. Panel 15, problema 2(*b*). $\vec{x} =$ ..... (*símbolos*).
Sustituya y encuentre la respuesta al 2(*b*) .....

[$\vec{V}_x\Delta t$
$\vec{x} = V_x\Delta t = (10 \text{ m/s})(2.5 \text{ s}) = 25 \text{ m}$]

11. Panel 15, problema 2(*c*). Calcule la distancia que la pelota recorre verticalmente. Muestre la ecuación y sustituya valores.

[$\vec{y} = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2 = \frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(2.5 \text{ s})^2 = \frac{1}{2}(9.8)(6.25) = 30.6 \text{ m}$]

12. Panel 15. Lea el problema 3. El campo gravitacional en la superficie de la Tierra es de ..... (*número y unidad*).

[9.8 newtons/kg]

13. Panel 15, problema 3. El peso de un objeto, en términos de su masa gravitacional y del campo, está dado por la ecuación: $\vec{F}_p = \ldots\ldots$

[$m_g\vec{g}$]

14. Panel 15, problema 3. El campo gravitacional en la Luna es de .... (*número y unidad*).

[$\frac{1}{6} \times 9.8$ newton/kg = 1.63 newton/kg]

15. Panel 15, problema 3. ¿Cuál es la masa gravitacional en la Luna del objeto mencionado en este problema?

[100 kg]

16. Panel 15, problema 3. Calcule el peso que esta masa de 100 kg tiene en la Luna.

[$\vec{F}_p$ = (100 kg) (1.63 newton/kg) = 163 newton]

17. Panel 15. Lea el problema 4. Escriba una ecuación que relacione las cantidades físicas mencionadas en este problema, con el campo gravitacional.

[$\vec{F}_p = m_g\vec{g}$]

18. Panel 15, problema 4. Calcule la masa del objeto.

[$\vec{F}_p = m_g\vec{g}$

49 newtons = (m_g) (9.8 newtons/kg)

$$m_g = \frac{49 \text{ newtons}}{9.8 \text{ newtons/kg}} = 5 \text{ kg}]$$

19. Panel 15, problema 4. ¿Cuál es la masa de este objeto, en la Luna?

[5 kg]

20. Panel 15, problema 4. ¿Qué fuerza se requiere para dar a esta masa una aceleración de 2 m/s², en la superficie de la Tierra?

[$\vec{F} = m_i\vec{a}$

$\vec{F}$ = (5 kg) (2 m/s²) = 10 newtons]

21. Panel 15, problema 4. ¿Qué fuerza se requiere para dar a esta masa una aceleración de 2 m/s² en la Luna?

[$\vec{F} = m_i\vec{a}$

$\vec{F}$ = (5 kg) (2 m/s²) = 10 newtons]

22. Para cualquier objeto en estado de caída libre, después de un tiempo dado Δt, $\vec{V}_x$ y $\vec{V}_y$ son (interdependientes/independientes) entre sí.

[independientes]

23. Panel 14. La pelota de la izquierda:
Si $\Delta t = 0.2$ s,

$\vec{V}_x = \ldots\ldots$
$\vec{V}_y = \ldots\ldots$
$\vec{y} = \ldots\ldots$

} dé usted magnitudes y direcciones (por ejemplo, a la izquierda, a la derecha, hacia arriba, hacia abajo, etc.)

[$\vec{V}_x = 0$
$\vec{V}_y = \vec{g}\Delta t = (9.8 \text{ m/s}^2)(0.2 \text{ s}) = 1.96$ m/s hacia abajo
$\vec{y} = \frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2 = \frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(0.04 \text{ s}^2) = 0.196$ m hacia abajo]

24. Panel 14. La pelota de la derecha:
Si $\Delta t = 0.2$ s,

$\vec{V}_x = \ldots\ldots$
$\vec{x} = \ldots\ldots$
$\vec{V}_y = \ldots\ldots$
$\vec{y} = \ldots\ldots$

} magnitudes y direcciones

[$V_x = 2$ **m/s a la derecha**
$\vec{x} = \vec{V}_x\Delta t = (2 \text{ m/s})(0.2 \text{ s}) = 0.4$ **m** a la derecha
$\vec{V}_y = \vec{g}\Delta t = (9.8 \text{ m/s}^2)(0.2 \text{ s}) = 1.96$ **m/s hacia abajo**
$\vec{y} = \frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2 = 0.196$ **m hacia abajo**]

25. Una bala es disparada horizontalmente a una velocidad de 100 m/s. ¿A qué distancia cae en 1 s?

[$\vec{y} = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
$\vec{y} = \frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(1 \text{ s}^2) = 4.9$ m hacia abajo
La distancia vertical recorrida al caer la bala, depende de la aceleración de la gravedad, y *es independiente de* V_x.]

26. Una bala es disparada horizontalmente a una velocidad de 100 m/s. En el instante en que la bala sale del arma, se deja caer una piedrita. ¿Cuál de las dos ha recorrido mayor distancia vertical al cabo de 0.03 s? Explique su respuesta.

[Ambas han recorrido la misma distancia vertical; ambas caen con la misma aceleración; la componente vertical de la velocidad, es independiente de la componente horizontal]

27. Junto a la fotografía de las pelotas de golf del panel 14, está una gráfica del movimiento de la pelota de la derecha. Esta es una gráfica que relaciona el desplazamiento ..... $(\vec{y})$, con el desplazamiento .... $(\vec{x})$ es cualquier intervalo Δt.

[vertical; horizontal]

28. Panel 14. Deseamos deducir una ecuación que describa esta curva. Sabemos que $\vec{x} =$ ..... en términos de $\vec{V}_x$ y Δt, y que $\vec{y} =$ ..... en términos de $\vec{g}$ y Δt.

[$\vec{V}_x \Delta t$; $\frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2$]

29. (1) $\vec{x} = \vec{V}_x \Delta t$
(2) $\vec{y} = \frac{1}{2}\vec{g}(\Delta t)^2$
(3) despejando Δt en (1): $\Delta t =$ .....

$$\left[\frac{\vec{x}}{\vec{V}_x}\right]$$

30. (1) $\vec{y} = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$
(2) $\Delta t = \dfrac{\vec{x}}{\vec{V}_x}$
(3) Sustituyendo en (1) Δt con $\dfrac{\vec{x}}{\vec{V}_x}$, obtenemos $\vec{y} =$ .....

$$\left[\vec{y} = \frac{1}{2}\vec{g}\frac{\vec{x}^2}{\vec{V}_x^2}\right]$$

31. $\vec{y} = \left(\frac{1}{2}\dfrac{\vec{g}}{\vec{V}_x^2}\right)\vec{x}^2$

Todas las cantidades conocidas están dentro del paréntesis. Esta ecuación relaciona las variables ... e ... (es/no es) la ecuación de la gráfica del panel 14.

[$\vec{x}$; $\vec{y}$; es]

32. En álgebra aprendimos que cualquier ecuación de la forma $y = ax^2 + bx + c$, donde a, b y c son constantes, y $a \neq 0$, describe una curva llamada *parábola*. La curva de $y = 2x^2 + 7$ (es/no es) una parábola.

[es (en este caso, el valor de b es cero, puesto que no aparece término en x).]

33. $\vec{y} = \left(\frac{1}{2}\frac{\vec{g}}{\vec{V}_x^2}\right)\vec{x}^2$

La curva de esta ecuación (es/no es) una parábola.

[es]

34. La trayectoria de un objeto cayendo libremente, y que tiene una componente horizontal de la velocidad, mayor que cero, es una línea curva llamada .....

[parábola]

35. La ecuación $\vec{y} = \left(\frac{1}{2}\frac{\vec{g}}{\vec{V}_x^2}\right)\vec{x}^2$ nos permite calcular la distancia (horizontal/vertical) que un objeto recorre, cuando está sufriendo un desplazamiento (horizontal/vertical) dado.

[vertical; horizontal]

36. Una bala es disparada con una velocidad horizontal de 100 m/s. ¿Qué distancia vertical ha bajado, al haber recorrido una distancia horizontal de 200 m?

[$y = \left(\frac{1}{2}\frac{\vec{g}}{V_x^2}\right)x^2$

$y = \left(\frac{1}{2}\frac{9.8}{10{,}000}\right)40{,}000 = 19.6$ metros]

37. Véase el Panel 16. La letra que está en la esquina superior derecha del panel, es una ....

[Z]

38. Panel 16. Esta gráfica, que es la del movimiento de la pelota derecha del panel 14, incluye vectores de velocidad a intervalos de 0.1 s. Las flechas continuas representan las velocidades ($\vec{V}_i$) en los instantes indicados. Las flechas de guiones representan las componentes ..... y ..... de $\vec{V}_i$.

[horizontal; vertical]

39. Panel 16. Las componentes horizontales de la velocidad son (constantes/variables). La componente vertical de la velocidad (aumenta/disminuye/permanece constante) al aumentar Δt.

[constantes; aumenta]

40. Panel 16. La velocidad instantánea de la pelota es la .... de sus componentes horizontal y vertical. Su magnitud es (constante/variable), y su dirección es (constante/variable).

[suma vectorial; variable; variable]

41. Panel 16. En la componente horizontal de la velocidad (hay un/no hay) cambio. Esto significa que la fuerza total aplicada a la pelota en esa dirección, es ....

[no hay; cero]

42. Panel 16. En la componente ..... de la velocidad hay un cambio. Esto significa que la fuerza total aplicada a la pelota siempre está en dirección (vertical/horizontal).

[vertical; vertical]

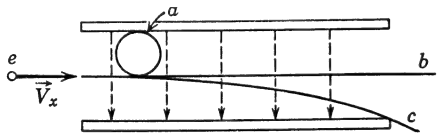
43. Panel 16. A la caída libre la consideramos como una forma de movimiento ..... Esto significa que tanto la magnitud como la dirección de la fuerza total aplicada a la pelota de la derecha, son (constantes/variables).

[uniformemente acelerado; constantes]

44. Panel 14. La trayectoria seguida por la pelota de la derecha, es una ..... Tal trayectoria es característica de un objeto que cae libremente y que tiene una $\vec{V}_x \neq$ .... La fuerza total actuando sobre tal objeto es (constante/variable) en magnitud y dirección.

[parábola; 0; constante]

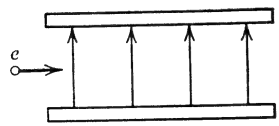
45.



Un electrón moviéndose a velocidad constante V_x entra en un campo eléctrico, el cual ejerce una fuerza total constante sobre el electrón. ¿Cuál trayectoria seguirá (a, b ó c)?

[c]

46.



La fuerza total que actúa sobre este electrón al entrar en el campo eléctrico que hay entre las placas, es constante en magnitud y dirección. La trayectoria que sigue el electrón cuando está entre las placas, es una .....

[parábola]

47. Un objeto que se mueve cerca de la superficie de la Tierra únicamente bajo la influencia del campo gravitacional, lo hace en una trayectoria rectilínea, si $\vec{V}_x (= \text{ó} \neq) 0$. Se moverá en una trayectoria parabólica si $\vec{V}_x (= \text{ó} \neq) 0$.

[=; ≠]

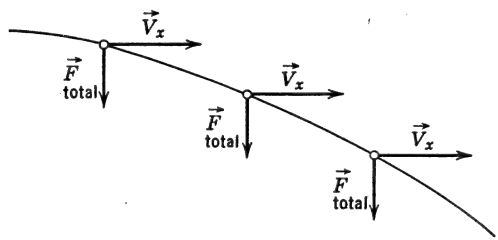
48. Panel 14. La velocidad de la pelota de la derecha podemos descomponerla en dos componentes. La componente horizontal $\vec{V}_x$ es un ejemplo de movimiento ..... La componente vertical $\vec{V}_y$ es un ejemplo de movimiento .....

[uniforme o constante; uniformemente acelerado]

49. Panel 14. Puesto que la aceleración tiene lugar en dirección vertical, la fuerza total debe estar aplicada en un ángulo ..... con $\vec{V}_x$.

[recto]

50.



Un objeto comienza a describir una trayectoria parabólica, cuando se le aplica una .... constante, en ángulo ..... con su trayectoria original.

[fuerza total; recto]

51. Cualquier objeto que describe una trayectoria parabólica, está moviéndose bajo la influencia de una .... que es constante en ..... y .....

[fuerza total; magnitud; dirección]

52. Repaso. El peso es una medida de fuerza ..... Esta fuerza la medimos en una balanza de ..... La masa ..... de un objeto la medimos en una balanza de ....

[gravitacional; resorte; gravitacional; brazos iguales]

53. Repaso. La fuerza gravitacional de un objeto (depende de/es independiente de) la posición del objeto en el campo gravitacional. La masa

gravitacional de un objeto (depende de/es independiente de) la posición del objeto en el campo gravitacional.

[depende de; es independiente de]

54. Repaso. La fuerza gravitacional de un objeto depende de su posición en el ....

[campo gravitacional]

55. Repaso. Un campo se define como un conjunto de .... (*Complete esta oración.*)

[valores de una cantidad física, que dependen de la posición]

56. Repaso. Cuando $\vec{g}$ representa el campo gravitacional en o cerca de la superficie de la Tierra, su valor es de 9.8 ..... Cuando representa la aceleración de la gravedad, $\vec{g} = 9.8$ .....

[newtons/kg; m/s^2]

57. Repaso. Un objeto que entra en estado de caída libre, con $\vec{V}_x = 0$, sigue una trayectoria .....

[rectilínea]

58. Repaso. ¿Solamente bajo qué condición $\vec{a} = \vec{g}$?

[Cuando la fuerza total aplicada sobre un objeto es su peso, o solamente cuando un objeto está en estado de caída libre]

59. Repaso. La fuerza total actuando sobre un objeto que se mueve cerca de la superficie de la Tierra, es el peso del objeto. Si $\vec{V}_x \neq 0$, la trayectoria seguida por el objeto será una curva llamada ..... El objeto se acelerará a razón de .... m/s^2 hacia ..... (*Complete esta oración.*)

[parábola; 9.8; el centro de la Tierra]

PROBLEMAS

1. En la Zona del Canal de Panamá, el peso de una masa de 1 kg es de 9.782 newtons. ¿Cuánto pesaría una masa de 100 kg? ¿Cuál es el peso de una masa de 1 kg en el Polo Norte, donde la aceleración de la gravedad es de 9.832 m/s^2?

2. Explique por qué el peso de una masa de 2 kg no es el mismo en el Ecuador y en el Polo Norte; es decir, por qué el peso no es exactamente directamente proporcional a la masa presente.

3. En Denver, el valor de g (la aceleración de la gravedad) es de 9.796 m/s^2, en Chicago es de 9.803 m/s^2, y en San Francisco, 9.800 m/s^2. ¿Cuál es el peso de una masa de 10 kg en cada una de estas ciudades?

4. El valor del campo gravitacional disminuye con la altura, a razón de 3.1×10^{-6} newton/kg por metro. ¿Cuál es la disminución del campo gravitacional, a una altura de 1,000 metros?

5. Un jet vuela a una altura de 12,000 metros. ¿Cuál es la magnitud del campo gravitacional de la Tierra a la altura que vuela el avión? Considere la aceleración de la gravedad, al nivel del mar, con un valor de 9.80 m/s^2.

6. De un helicóptero revoloteando se deja caer una plomada aerodinámica. ¿Cuál es la velocidad del peso después de 2 s de caída libre, después de 4 s y después de 8 s?

7. ¿A qué distancia cae el peso, en cada uno de los intervalos que se dan en el problema 6?

8. Una pelota de béisbol es lanzada hacia abajo con una velocidad de 4 m/s. Después de 4 s de caída libre, ¿cuál es su velocidad y cuál la distancia recorrida?

9. Si un pequeño cohete es disparado verticalmente hacia arriba con una velocidad de 1,000 metros/s, ¿cuál es su velocidad al final de 1 s, y al final de 10 s?

10. Un estudiante lanza una pelota verticalmente hacia arriba con una velocidad de 3 m/s. ¿Cuál es su velocidad después de 4 s? ¿Qué importancia tiene el signo de su respuesta?

11. ¿Qué altura máxima alcanzará una piedra que es lanzada verticalmente hacia arriba con una velocidad de 10 m/s?

12. Un proyectil es disparado horizontalmente desde una torre, a una velocidad de 50 metros/s. ¿Qué altura tiene la torre, si el proyectil toca tierra en un punto que está a 125 metros de la base de la torre?

13. Un objeto es soltado a una altura de 6,000 metros, desde otro objeto que se mueve a 1,000 km/h. ¿Qué distancia hay entre el punto en que se soltó el objeto y el punto en que tocó tierra? ¿Cuál será su velocidad de impacto? Supóngase que su velocidad inicial es completamente horizontal.

14. Desde un punto alto se dispara una bala, con una velocidad horizontal de 150 metros/s. ¿Qué distancia vertical habrá bajado la bala, si ha recorrido una distancia horizontal de 300 metros sobre la Tierra? ¿Cómo se llama la curva que describe la bala?

CAPITULO 5

MOVIMIENTO NO UNIFORMEMENTE ACELERADO

Sección 1. Fuerzas aplicadas en ángulo con la trayectoria

1. La velocidad es una cantidad .....: Toda velocidad vectorial tiene ..... y .....

[vectorial; *en cualquier orden:* magnitud, dirección]

2. Un cambio en la velocidad implica un cambio en su ..... o un cambio en su ....., o un cambio simultáneo en su ..... y en su .....

[*En cualquier orden:* magnitud, dirección; también en cualquier orden: magnitud, dirección]

3. Un automóvil cambia su velocidad, de 60 kph hacia el Norte, a 50 kph hacia el Norte; éste es un cambio en la ..... de la velocidad.

[magnitud]

4. Al llegar un automóvil a un cruce de caminos, cambia su velocidad, de 15 kph hacia el Norte, a 15 kph hacia el Oeste. El cambio verificado es únicamente en la ..... de su velocidad.

[dirección]

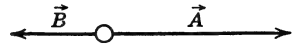
5. Un automóvil se mueve a 40 kph hacia el Sur; en un crucero toma otro camino hacia el Suroeste, a 25 kph. Este es un cambio en la ..... y la ..... de su velocidad.

[magnitud; dirección]

6. Hay tres formas en que puede cambiar una cantidad vectorial. Diga usted cuáles son.

[(1) magnitud solamente,
(2) dirección solamente,
(3) magnitud y dirección al mismo tiempo]

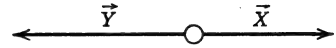
7. $\vec{A}$ = 10 newtons.
$\vec{B}$ = 5 newtons.



La fuerza total actuando sobre este objeto es de .... newtons, en dirección ($\vec{A}/\vec{B}$).

[5; $\vec{A}$]

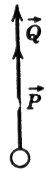
8. $\vec{X}$ = 19 newtons hacia el Este.
$\vec{Y}$ = 25 newtons hacia el Oeste.



$\vec{F}_{total}$ = ... (magnitud y dirección).

[6 newtons hacia el Oeste]

9. $\vec{P}$ = 16 newtons hacia el Norte.
$\vec{Q}$ = 5 newtons hacia el Norte.



$\vec{F}_{total}$ = ... (magnitud y dirección).

[21 newtons hacia el Norte]

10. $\vec{M}$ = 20 newtons hacia el Norte.
$\vec{N}$ = 20 newtons hacia el Sur.

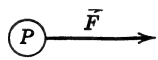
La fuerza total sobre este objeto es de ..... newton. (Hay/no hay). un cambio en su velocidad.

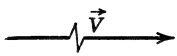
[cero; no hay]

11. Cualquier cambio en la velocidad de un objeto, ya sea en su ..... o en su ....., o en ..... al mismo tiempo, debe producirlo la aplicación de una .... mayor que .....

[*En cualquier orden:* magnitud, dirección; ambas; fuerza total; cero]

12.





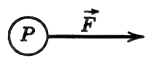
Un objeto P se mueve con velocidad $\vec{V}$ (representada por la flecha interrumpida). Aplicamos a P una fuerza total $\vec{F}$, en la misma dirección de $\vec{V}$. La ..... de $\vec{V}$ cambiará, pero su ..... permanece igual.

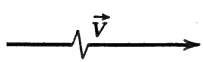
[magnitud; dirección]

13. Empleamos el término *rapidez* para expresar la magnitud de una velocidad, *sin* considerar su dirección.

Una velocidad de 10 km/h hacia el Oeste, tiene una rapidez escalar de .....

[10 km/h]

14. 

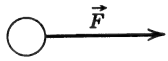


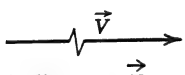
Cuando a P le aplicamos una fuerza total mayor que cero, en la misma dirección de $\vec{V}$, la rapidez (cambia/permanece igual). La dirección de $\vec{V}$ (cambia/permanece igual).

[cambia; permanece igual]

15. Cuando una fuerza total aumenta la rapidez de un objeto, el ..... de velocidad tiene la misma ..... de la fuerza que lo produce.

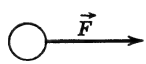
[cambio; dirección]

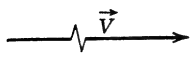
16. 



Aplicamos $\vec{F}$ en la misma dirección de $\vec{V}$. La rapidez del objeto (aumenta/disminuye/permanece constante). La dirección en que se mueve (cambia/permanece igual).

[aumenta; permanece igual]

17. 

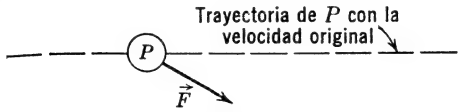


Aplicamos $\vec{F}$ en la misma dirección de $\vec{V}$. $\Delta\vec{V}$ tendrá la misma .... de $\vec{F}$.

[dirección]

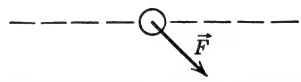
18. Cuando a un objeto se le aplica una fuerza total mayor que cero, a lo largo de la trayectoria rectilínea sobre la cual el objeto ya está en movimiento, la .... del objeto cambiará, y (continuará/no continuará) moviéndose a lo largo de la misma trayectoria.

[rapidez; continuará]

19. 

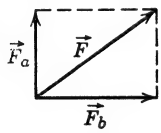
Supóngase que ahora $\vec{F}$ se aplica en ángulo con la trayectoria. Habrá un cambio en la rapidez de *P*. También se desviará de la trayectoria. Esto significa que habrá un cambio en su .....

[dirección]

20. 

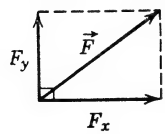
Si se aplica una fuerza total, en ángulo con la trayectoria, la velocidad cambiará en ..... (*Complete esta oración.*)

[magnitud y dirección]

21. 

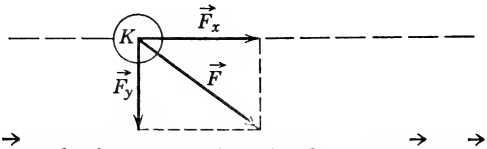
Cualquier cantidad vectorial puede descomponerse en sus componentes. .... y .... son las componentes rectangulares de ....

[$\vec{F}_a$, $\vec{F}_b$; $\vec{F}$]

22. 

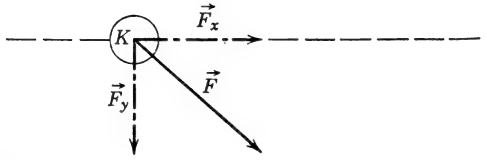
Cuando un vector se descompone en sus componentes perpendiculares entre sí, estas componentes se llaman .....

[rectangulares]

23. 

$\vec{F}$ es la fuerza total aplicada a K. $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$ son las .... de $\vec{F}$.

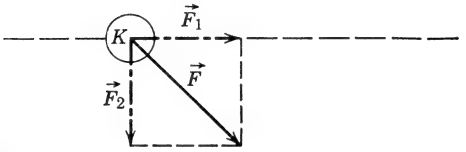
[componentes rectangulares]

24. 

$\vec{F}_x$ es la componente rectangular de $\vec{F}$ *a lo largo de la trayectoria.*

Es esta parte de $\vec{F}$, la que produce solamente un cambio en la ..... de la velocidad de K.

[rapidez, magnitud]

25. 

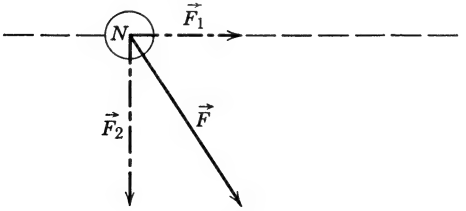
$\vec{F}$ produce un cambio en la rapidez y en la dirección de N.

$\vec{F}_1$ es su componente ..... la trayectoria.

$\vec{F}_1$ es responsable del cambio en la ..... de N.

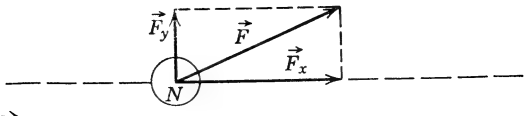
$\vec{F}_2$ es responsable del cambio de .....

[a lo largo de; rapidez; dirección]

26. 

La componente de $\vec{F}$ *en ángulo recto con la trayectoria,* es .... Es responsable del cambio de ..... de N.

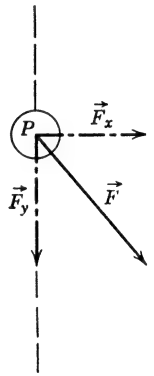
[$\vec{F}_2$; dirección]

27. 

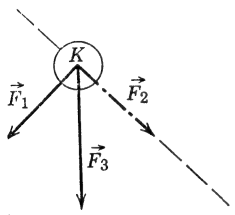
$\vec{F}$ es la fuerza total aplicada a N.
$\vec{F}_x$ es su componente ..... la trayectoria.
$\vec{F}_y$ es su componente ..... la trayectoria.
.... es la parte de $\vec{F}$ que produce un cambio en la rapidez de N.
.... es la parte que produce un cambio en la dirección en que se mueve N.

[a lo largo de; en ángulo recto a (perpendicular a); $\vec{F}_x$; $\vec{F}_y$]

28. $\vec{F}$ es la fuerza total aplicada a P. Cualquier cambio en la dirección de P es producido por la componente .... de $\vec{F}$. Cualquier cambio en la rapidez de P es producido por la componente .... de $\vec{F}$.



[$\vec{F}_x$; $\vec{F}_y$]

29. 

$\vec{F}_2$ es la componente de $\vec{F}_3$ ..... la trayectoria. $\vec{F}_1$ es la componente de $\vec{F}_3$ ..... la trayectoria.
¿Cuál componente es responsable del cambio en la rapidez de K?
¿Cuál componente es responsable del cambio en su dirección?

[a lo largo de; en ángulo recto con (perpendicular a); $\vec{F}_2$; $\vec{F}_1$]

30. Véase el Panel 17. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[T]

31. Panel 17. La línea de guiones (– – –) representa en cada una de las figuras la trayectoria rectilínea seguida por el objeto (un círculo) antes de que se le aplique una fuerza total $\vec{F}$. Si $\vec{F} = 0$, el objeto continuaría moviéndose con una rapidez ..... en la misma .....

[constante; dirección]

32. Panel 17. En todas las figuras, $\vec{F}$ tiene la misma longitud. Esto significa que en todos los casos, la fuerza total tiene la misma .....

[magnitud]

33. Panel 17. En cada una de las figuras $\vec{F}$ ha sido dibujada con (el mismo/diferente) ángulo, respecto a la trayectoria.

[diferente]

34. Panel 17. En (*a*), $\vec{F}$ es aplicada a lo largo de la trayectoria. Su componente perpendicular a la trayectoria tiene una magnitud de ..... $\vec{F}$ es usada únicamente para cambiar la (rapidez/dirección) del objeto.

[cero; rapidez]

35. Si en una fuerza, su componente perpendicular a la trayectoria es cero, entonces la fuerza no produce ningún cambio en la ..... del objeto.

[dirección]

36. Panel 17. En (*b*), $\vec{F}$ es aplicada en ángulo con la trayectoria. Describa el cambio que produce en la velocidad del objeto.

[produce un cambio en la magnitud y en la dirección]

37. Panel 17. En (*b*), $\vec{F}_1$ es la parte de $\vec{F}$ que produce un cambio en la ..... $\vec{F}_2$ es la parte que produce un cambio en la .....

[rapidez; dirección]

38. Panel 17. En (*c*), $\vec{F}$ tiene (la misma/diferente) magnitud, comparada con (*a*) y con (*b*). Está aplicada en un ángulo (mayor/menor) respecto a la trayectoria.

[la misma; mayor]

39. Panel 17. En (*c*), $\vec{F}_1$ es la componente de $\vec{F}$ ..... la trayectoria. Es (mayor/menor) que la misma componente en (*a*) y (*b*).

[a lo largo de; menor]

40. Panel 17. En (*d*), el ángulo que forma $\vec{F}$ con la trayectoria es aún más grande que en (*c*). La componente de $\vec{F}$ a lo largo de la trayectoria, es (mayor/menor) que en (*c*).

[menor]

41. Panel 17. En (*e*), $\vec{F}$ es perpendicular a la trayectoria. El ángulo que forma con ella es de 90°. Su componente a lo largo de la trayectoria es .....

[cero]

42. Panel 17. Al aumentar de 0° a 90° el ángulo que $\vec{F}$ forma con la trayectoria, su componente ..... la trayectoria, se aproxima a cero.

[a lo largo de]

43. Panel 17. Examine en cada una de las figuras la componente de $\vec{F}$ perpendicular a la trayectoria. Al aumentar de 0° a 90° el ángulo que $\vec{F}$ forma con la trayectoria, esta componente (aumenta/disminuye).

[aumenta]

44. Panel 17. En (*e*), $\vec{F}$ no produce cambios en la ..... del objeto, porque su componente ..... la trayectoria, es cero.

[rapidez; a lo largo de]

45. Panel 17. En (*e*), $\vec{F}$ solamente puede producir un cambio en la ..... del objeto.

[dirección]

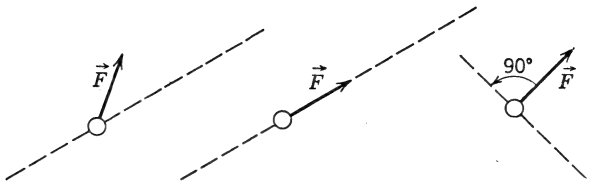
46. Del panel 17 deducimos un importante principio: Cuando se aplica una fuerza total mayor que cero perpendicularmente a la trayectoria de un objeto en movimiento, cambia solamente la ....., y *no* la ..... del objeto.

[dirección; rapidez]

47. También podemos determinar el recíproco de este principio: Si una fuerza total cambia la dirección en que se mueve un objeto, pero *no* cambia su rapidez, deducimos entonces, que esta fuerza está aplicada ..... la trayectoria del objeto.

[perpendicular a (en ángulo recto con)]

48.



(a) *(b)* *(c)*

Identifique la figura (*a*, *b* ó *c*) en la que se verifique lo siguiente:
1. Sólo ha cambiado la rapidez del objeto.
2. Han cambiado la rapidez y la dirección.
3. Sólo ha cambiado la dirección.

[1. *b*; 2. *a*; 3. *c*]

49. Se aplica una fuerza total a un objeto en movimiento y se observa que cambia solamente su dirección. Deducimos que la fuerza total ha sido aplicada ..... la trayectoria.

[perpendicularmente a]

50. Se aplica una fuerza total a un objeto en movimiento. Cambian su rapidez y su dirección. Deducimos que la fuerza ha sido aplicada en un ángulo con la trayectoria mayor que .... grados y menor que .... grados.

[0; 90]

51. Se aplica una fuerza total a un objeto en movimiento. El objeto se retarda, pero permanece en su misma trayectoria. Deducimos que la fuerza ha sido aplicada ..... la trayectoria, y que la componente ..... la trayectoria es cero.

[a lo largo de; perpendicular a]

Sección 2. Movimiento circular con rapidez constante

1. Hemos descrito previamente la línea o la trayectoria curva, como aquella que *cambia de dirección continuamente.* Un círculo (cambia/no cambia) su dirección continuamente.

[cambia]

2. Vea el Panel 18. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[K]

3. Panel 18. En la Fig. 2 se ilustra un disco de hielo seco, puesto en movimiento circular con rapidez *constante*. Un objeto que se mueve en esta forma, cambia la ..... de su velocidad continuamente.

[dirección]

4. Refiérase al panel 19. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[P]

5. Panel 19. La figura (*a*) representa el movimiento de un objeto en una trayectoria circular (como el disco del Panel 18). La dirección de su ..... cambia .....

[velocidad; continuamente]

6. Panel 19, Fig. (*a*). Suponemos que este objeto se mueve con rapidez constante. Esto significa que la ..... de su velocidad no está cambiando.

[magnitud, rapidez]

7. Panel 19, Fig. (*a*). Por lo tanto, los vectores velocidad $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc., tienen la misma ....., no obstante que cada uno tiene diferente .....

[longitud; dirección]

8. Panel 19, Fig. (*a*). $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc., tienen la misma rapidez, pero dirección diferente. La fuerza total que produce el cambio de $\vec{V}_1$ a $\vec{V}_2$, de $\vec{V}_2$ a $\vec{V}_3$, etc., produce un cambio en la ....., pero no en la .... de la velocidad del objeto.

[dirección; magnitud]

9. Panel 19, Fig. (*a*). $\vec{F}$ representa la fuerza total que produce el cambio de $\vec{V}_1$ a $\vec{V}_2$, de $\vec{V}_2$ a $\vec{V}_3$, etc. No produce cambio en la magnitud de la velocidad. Por lo tanto, debe estar aplicada ..... la trayectoria.

[perpendicularmente a]

10. Un objeto que se mueve en una trayectoria circular sufre un cambio en la velocidad, porque su ..... cambia continuamente. Si la rapidez permanece constante, la fuerza total que produce el cambio, forzosamente está aplicada en un ángulo de .... grados con el vector velocidad, en todo instante.

[dirección; 90]

11. Panel 19, Fig. (*a*). En geometría, llamamos *tangente* a la línea que toca a un círculo en un punto solamente, sin importar hasta donde se extiende esa línea, en cualquier dirección. Cada uno de los vectores velocidad de esta figura (es/no es) una tangente a la trayectoria circular.

[es]

12. Panel 19, Fig. (*a*). Un teorema de geometría determina que una línea perpendicular a la tangente a un círculo, si pasa por el punto de contacto, también pasa por el centro del círculo. Sabemos que en la Fig. (*a*) $\vec{F}$ siempre es ..... un vector velocidad. La línea de acción de $\vec{F}$ (pasa/no pasa) por el centro de la trayectoria circular.

[perpendicular a; pasa]

13. De acuerdo con la segunda ley del movimiento, un *cambio* de velocidad tiene la misma (magnitud/dirección) de la fuerza total que lo produce.

[dirección]

14. Panel 19, Fig. (*a*). En la figura, el cambio de velocidad debe tener la misma ..... de $\vec{F}$.

[dirección]

15. Panel 19, Fig. (*a*). $\vec{F}$ está aplicada .... vector velocidad en todos los puntos de la trayectoria, y por lo tanto siempre está dirigida hacia ..... (*Complete esta oración.*)

[perpendicular al; el centro de la trayectoria circular (círculo)]

16. Panel 19, Fig. (*a*). Por lo tanto, el cambio de dirección de cualquier vector velocidad es ..... (*¿En qué dirección?*)

[hacia el centro del círculo (o en ángulos rectos con el vector velocidad)]

17. Panel 19. Repaso. Esta figura (*a*) representa un movimiento en una trayectoria circular con rapidez constante. Esta clase de movimiento es posible solamente si la fuerza que lo produce está aplicada siempre ... . vector velocidad. El ..... de velocidad producido por esta fuerza total, siempre está dirigido hacia el centro de la trayectoria.

[perpendicular al; cambio]

18. Definimos la aceleración como el ..... de ..... por unidad de ..... En símbolos, $\vec{a} =$ .....

[cambio; velocidad; tiempo; $\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$]

19. La aceleración es una cantidad ..... y tiene la misma ..... que el cambio de velocidad que describe.

[vectorial; dirección]

20. Una aceleración también tiene la misma dirección que la .... que la produce.

[fuerza total]

21. Panel 19. En el caso de un objeto que se mueve con rapidez constante en una trayectoria circular, la aceleración en cualquier momento es ..... (*¿En qué dirección?*)

[hacia el centro de la trayectoria circular (o en ángulos rectos con el vector velocidad)]

22. Panel 19, Fig. (*a*). Hemos estado analizando el movimiento en una trayectoria ..... con rapidez ..... Hemos encontrado que (1) tal movimiento es producido por una fuerza total aplicada perpendicularmente al vector ....., en todo momento.

[circular; constante; velocidad]

23. También hemos encontrado que (2) la ....., el cambio de ..... que describe, y la .... que produce a ambos, están dirigidos hacia el centro de la trayectoria circular.

[aceleración; velocidad; fuerza total]

24. Panel 19, Fig. (*a*). Es importante recordar que estas conclusiones se refieren solamente al movimiento de un objeto, moviéndose .... (*Describa el movimiento.*)

[*con rapidez constante* en una trayectoria *circular*]

Sección 3. Ecuaciones para la aceleración centrípeta

$$V = \frac{2\pi R}{T}$$

$$a = \frac{V^2}{R}$$

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

1. Panel 19, Fig. (*a*). Puesto que la rapidez asociada con cualquier vector velocidad de esta figura es constante, la representaremos con la letra V, sin su flechita arriba. V representa la ..... de $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc.

[magnitud]

2. Panel 19, Fig. (*a*). Ahora encontraremos una expresión algebraica para el valor de V. Comenzamos con la ecuación general del movimiento:

distancia = (.....) × (tiempo)

[rapidez]

3. Panel 19, Fig. (*a*). Sea T el *tiempo que emplea el objeto en movimiento para dar una vuelta completa alrededor de la trayectoria circular.* Estamos usando V para representar la rapidez del objeto. Empleando símbolos:

distancia = ... × .....

[$V \times T$]

4. Panel 19, Fig. (*a*). T representa el ..... empleado en dar una ..... alrededor de la trayectoria.

[tiempo; vuelta completa]

5. Panel 19, Fig. (*a*). La distancia recorrida en una vuelta alrededor de la trayectoria circular es la ..... (*término geométrico*) del círculo.

[circunferencia]

6. Panel 19, Fig. (*a*). Sea R el radio de la trayectoria. La distancia recorrida en el tiempo T es: 2π .....

[R (circunferencia = $2\pi R$)]

7. Panel 19, Fig. (*a*).
distancia = velocidad × tiempo
$2\pi R$ = ... × .....

[$V \times T$]

8. Panel 19, Fig. (*a*). $2\pi R = VT$
Dividiendo ambos miembros entre T, obtenemos una expresión algebraica para V.

$$V = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

[$\frac{2\pi R}{T}$]

9. Panel 19, Fig. (*a*). $V = \frac{2\pi R}{T}$ donde T es el .....
..... (*Complete esta oración.*)

[tiempo requerido para una vuelta completa alrededor de la trayectoria circular]

10. Panel 19, Fig. (*a*). $V = \dfrac{2\pi R}{T}$

T es denominado frecuentemente *período de revolución*. R es el ..... de la trayectoria circular. El tiempo requerido para recorrer la distancia $2\pi R$ se llama ..... de .....

[radio; período (de) revolución]

11. Véase el Panel 20. La letra en la esquina superior derecha es una ....

[A]

12. Panel 20. Lea el problema 1. El radio de la trayectoria es de .... m. El período de revolución es de .... s.

[10; 5]

13. Panel 20, problema 1. Hemos desarrollado una ecuación para V, en términos de T y R.

$$V = \text{.....}$$

Sustituyendo, y despejando V:

$$V = \text{.....} \text{ m/s}$$

[$\dfrac{2\pi R}{T}$; $V = \dfrac{2(3.14)\,(10)\,m}{5\text{ s}}$;

$V = 12.56$ m/s]

14. Panel 20. Lea el problema 2. Los datos son: $T =$ ....., y $V =$ .....

[2×10^{-2} s;
6.28×10^{4} m/s]

15. Panel 20, problema 2. Sustituya los datos en una ecuación que los relacione con el radio, y resuelva el problema.

[$V = \dfrac{2\pi R}{T}$

$6.28 \times 10^{4}\text{ m/s} = \dfrac{2(3.14)R}{2 \times 10^{-2}\text{s}}$

$\dfrac{6.28 \times 10^{4}\text{ m/s} \times 2 \times 10^{-2}\text{ s}}{2 \times 3.14} = R$

$R = 2 \times 10^{2}\text{ m} = 200\text{ m}$]

16. Panel 20. Lea el problema 3. Una vez más, podemos usar la ecuación ..... La incógnita está representada por la letra ....

[$V = \frac{2\pi R}{T}$; T]

17. Panel 20, problema 3. El período de revolución es de ..... s. (*Desarrolle su trabajo.*)

[$V = \frac{2\pi R}{T}$

$3.14 \times 10^3 \text{ m/s} = \frac{2(3.14)(4 \text{ m})}{T}$

$T = \frac{2 \times 3.14 \times 4 \text{ m}}{3.14 \times 10^3 \text{ m/s}}$

$T = 8 \times 10^{-3} \text{ s}$]

18. Panel 19. Ahora deseamos encontrar una ecuación para la aceleración a, en términos de V y T. Examine la figura (b). Hemos dibujado los vectores velocidad de la Fig. (a) a partir de un centro común. Las puntas de sus flechas trazan un ..... con su ..... en 0.

[círculo; centro]

19. Definimos la aceleración como el ..... de ..... por unidad de ..... En símbolos, $a =$ .....

[cambio; velocidad; tiempo; $\frac{\Delta V}{\Delta t}$]

20. En el Panel 19, Fig. (b), la ..... de la velocidad es constante; sólo su ..... cambia.

[magnitud; dirección]

21. Panel 19, Fig. (b). Al cambiar la dirección del vector velocidad, la punta de su flecha se mueve alrededor de la .....-encia del círculo.

[circunfer(encia)]

22. Panel 19, Fig. (b). Una forma de representar el cambio total de velocidad en un período de revolución es describir la trayectoria que forman las puntas de flecha de $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc. Esta trayectoria es un(a) .....

[círculo, circunferencia de un círculo]

23. Panel 19, Fig. (b). La trayectoria formada por las puntas de flecha de $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc., es la ..... de un círculo.

[circunferencia]

24. Panel 19, Fig. (*b*). El ..... total de velocidad para un período de revolución es la circunferencia de un círculo en el que $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc., son ..... (*término geométrico*).

[cambio; radios]

25. Panel 19, Fig. (*b*). $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, etc., son iguales en ..... Podemos usar el símbolo V sin su flechita arriba de él, para describir el ..... del círculo.

[magnitud o longitud; radio]

26. Panel 19, Fig. (*b*). Podemos describir el cambio total de velocidad (ΔV) en un período, como la circunferencia del círculo cuyo radio es V.

$$\Delta V = \ldots\ldots V$$

[2π]

27. Panel 19, Fig. (*b*). $a = \dfrac{\Delta V}{\Delta t}$

En esta figura, Δt representa un .... y ΔV es la ..... del círculo.

[período de revolución; circunferencia]

28. Panel 19, Fig. (*b*). En esta figura, $a = \dfrac{2\pi V}{\quad}$

[T]

29. Panel 19, Fig. (*b*). Para un objeto que se mueve en una trayectoria circular con rapidez constante, $a = \dfrac{\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots}$

[$\dfrac{2\pi V}{T}$]

30. Ahora deseamos una ecuación para a, en función de V y R.

(1) De la Fig. (*a*): $V = \dfrac{2\pi R}{T}$

(2) De la Fig. (*b*): $a = \dfrac{2\pi V}{T}$

(3) Despeje T en (1).

$T = \dfrac{\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots}$

[$\dfrac{2\pi R}{V}$]

31. (1) $V = \dfrac{2\pi R}{T}$

(2) $a = \dfrac{2\pi V}{T}$

(3) De (1), $T = \dfrac{2\pi R}{V}$

(4) Sustituyendo T, dado por el miembro derecho de (3) en (2) tenemos:

$$a = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$$

$$\left[a = \frac{2\pi V}{T};\quad a = \frac{2\pi V}{2\pi R/V};\quad a = \frac{2\pi V^2}{2\pi R} = \frac{V^2}{R}\right]$$

32. $a = \dfrac{V^2}{R}$

a es la aceleración de un objeto que se mueve en una .... con radio R, con rapidez ..... V.

[trayectoria circular; constante]

33. Hemos encontrado que en un objeto que se mueve con rapidez constante en una trayectoria circular la dirección de su aceleración siempre es ..... (*¿Dirigida hacia dónde?*) Y, su magnitud está dada por la ecuación: .....

[hacia el centro de la trayectoria circular; $a = \dfrac{V^2}{R}$]

34. *Centrípeto* significa "buscar el centro" o "dirigido hacia el centro". Un objeto que se mueve con rapidez constante en una trayectoria circular, (sufre/no sufre) una aceleración centrípeta.

[sufre]

35. Panel 19. Véase la Fig. (*c*). Todos los vectores aceleración están dirigidos hacia ..... (*Complete esta oración*). Este es un ejemplo de aceleración .....

[el centro de la trayectoria circular; centrípeta]

36. En adelante usaremos el índice *c* para identificar a la aceleración centrípeta.

$$a_c = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$$

$\left[\dfrac{V^2}{R}\right]$

37. Panel 20. Lea el problema 4.

$V =$ .....

$R =$ .....

Sustituya los datos, en una ecuación que relacione entre sí a V, R y a, y despeje la incógnita.

[6×10^4 m/s

3 m;

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{(6 \times 10^4 \text{ m/s})^2}{3 \text{ m}} = \frac{36 \times 10^8 \text{ m}^2/\text{s}^2}{3 \text{ m}} = 12 \times 10^8 \text{ m/s}^2]$$

38. Panel 20, problema 5. Sustituya los valores conocidos en la ecuación apropiada y resuelva el problema. Muestre la ecuación y desarrollo.

$$[a = \frac{V^2}{R}$$

$$8 \times 10^8 \text{ m/s}^2 = \frac{(4 \times 10^6 \text{ m/s})^2}{R}$$

$$R = \frac{(4 \times 10^6 \text{ m/s})^2}{8 \times 10^8 \text{ m/s}^2} = 2 \times 10^4 \text{ m}]$$

39. Panel 20. Resuelva el problema 6. Desarrolle.

$$[a = \frac{V^2}{R}$$

$$4 \times 10^3 \text{ m/s}^2 = \frac{V^2}{0.9 \text{ m}}$$

$$V^2 = (0.9 \text{ m})(4 \times 10^3 \text{ m/s}^2) = 3.6 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$V = 6 \times 10 = 60 \text{ m/s}]$$

40. Panel 19. Podemos deducir otra ecuación útil para a_c, como sigue:

(1) De la Fig. (a): V = ...

(2) De la Fig. (b): $a_c = \frac{2\pi V}{T}$

(3) Despejando V de (2): $V =$ .....

[(1) $\frac{2\pi R}{T}$

(2) $a_c = \frac{2\pi V}{T}$

(3) $V = \frac{a_c T}{2\pi}$]

41. (1) $V = \dfrac{2\pi R}{T}$

(2) $a_c = \dfrac{2\pi V}{T}$

(3) De (2): $V = \dfrac{a_c T}{2\pi}$

(4) Sustituyendo en (1) el miembro derecho de (3), obtenemos $a_c =$ .....

[$\dfrac{a_c T}{2\pi} = \dfrac{2\pi R}{T}$

$a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$]

42. Hemos deducido dos ecuaciones para a_c.

(1) En términos de R y V, $a_c =$ .....

(2) En términos de R y T, $a_c =$ .....

[$\dfrac{V^2}{R}$; $\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$]

43. Panel 20. Lea el problema 7. Su solución requiere una ecuación que relacione entre sí a la aceleración centrípeta, el radio de la trayectoria, y el ....

[período de revolución]

44. Panel 20, problema 7. Encuentre la aceleración centrípeta. Muestre la ecuación y desarrollo.

[$a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$

$a_c = \dfrac{(4)\,(3.14)^2(2\text{ m})}{(3.14 \times 10^{-2}\text{ s})^2} = \dfrac{(4)\,(2\text{ m})}{10^{-4}\text{ s}^2} = 8 \times 10^4\text{ m/s}^2$]

45. Panel 20. Lea el problema 8. Resuélvalo y desarrolle (si es necesario, use $\pi = 3.14$).

[$a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$

$9 \times 10^4\text{ m/s}^2 = \dfrac{(4)\,(3.14)^2(0.16\text{ m})}{T^2}$

$T^2 = \dfrac{(4)\,(3.14)^2(0.16\text{ m})}{9 \times 10^4\text{ m/s}^2}$

$T = \dfrac{2 \times 3.14 \times 0.4}{3 \times 10^2} = 8.4 \times 10^{-3}\text{ s}$]

46. Una piedra que pesa 10 newtons se hace girar en una trayectoria circular cuyo radio es de 2 metros. Su aceleración centrípeta es de 8 m/s². ¿Cuál es su rapidez?

[$a_c = \frac{V^2}{R}$

$8\ \text{m/s}^2 = \frac{V^2}{2\ \text{m}}$

$V^2 = 16\ \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$

$V = 4\ \text{m/s}$]

Sección 4. Fuerza centrípeta

$$F_c = m\frac{V^2}{R}$$

$$F_c = m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right)$$

1. De acuerdo con la segunda ley del movimiento, una fuerza total F produce una aceleración a en una masa m. $F =$ .....

[ma]

2. Sea F_c una fuerza centrípeta. Entonces, $F = ma$ se convierte en: $F_c =$ .....

[ma_c]

3. $F_c = ma_c$, pero $a_c = \frac{V^2}{R}$. Por lo tanto, $F_c =$ .....

[$\frac{mV^2}{R}$]

4. La magnitud de la fuerza ..... que produce un movimiento en una trayectoria circular, está relacionada con la rapidez del objeto, y con el radio de su trayectoria, por la ecuación $F_c =$ .....

[centrípeta, total; $\frac{mV^2}{R}$]

5. $F_c = \frac{mV^2}{R}$

Esta ecuación nos permite encontrar la magnitud de la fuerza centrípeta. Su dirección (es/no es) la misma que tiene la aceleración centrípeta.

[es]

6. Panel 19. La fuerza centrípeta siempre está dirigida .... vector velocidad, y hacia .... (*Complete esta oración.*)

[perpendicularmente al; el centro de la trayectoria circular]

7. $F_c = ma_c$

$$a_c = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Por lo tanto, $F_c = m(\ldots\ldots)$

$$\left[\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right]$$

8. $F_c = \ldots . \dfrac{V^2}{R}$ o bien $F_c = \ldots . \left(\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\right)$

[m; m]

9. Resumiendo, $a_c = \ldots\ldots$, o bien $a_c = \ldots\ldots$

$$\left[\frac{V^2}{R} \text{ ó } \frac{4\pi^2 R}{T^2}\right]$$

10. $F_c = \ldots\ldots$ o bien $F_c = \ldots\ldots$

$$\left[\frac{mV^2}{R}; m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right)\right]$$

11. Vea el Panel 18. El disco en estas ilustraciones tiene una masa de 2 kg. En la Fig. 2, el radio de la trayectoria circular es de 0.25 m. El período de revolución es de 1.5 s. Calcule la fuerza centrípeta aplicada al disco. (*Desarrolle y use* $\pi = 3.14$, *si es necesario.*)

$$\left[F_c = m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right)\right.$$

$$\left. F_c = (2\text{ kg})\,\frac{(4)\,(3.14)^2(0.25\text{ m})}{(1.5\text{ s})^2} = 8.7\text{ newtons}\right]$$

12. Panel 18. Supóngase que la fuerza centrípeta es retirada súbitamente. Esto es lo que ha sucedido en la Fig. 3. El disco se escapa y toma una trayectoria ....., con la misma ..... que tenía antes de retirar la fuerza.

[rectilínea; rapidez]

13. Panel 18. La Fig. 3 es un experimento que está de acuerdo con la (primera/segunda) ley del movimiento. Si la fuerza total actuando sobre el disco es cero, éste se mueve con rapidez ..... a lo largo de una trayectoria .....

[primera; constante, uniforme; rectilínea]

14. Panel 20. Lea el problema 9. Complete la tabla de datos que se da a continuación. Escriba *"incógnita"* si la cantidad no está dada en el problema.

$m =$ ..... kg
$R =$ ..... m
$a_c =$ ..... m/s^2
$V =$ ..... m/s
$F_c =$ .....
$T =$ .....

[0.75; 1; incógnita; 4; incógnita; incógnita]

15. Panel 20, problema 9. De acuerdo con los datos que se dan, ¿qué ecuación para a_c debe usar usted?

[$a_c = \dfrac{V^2}{R}$]

16. Panel 20, problema 9. Calcule a_c.

[$a_c = \dfrac{V^2}{R} = \dfrac{(4\text{ m/s})^2}{1\text{ m}} = 16\text{ m/s}^2$]

17. Panel 20, problema 9. Hemos encontrado que $a_c = 16$ m/s^2. Usando este dato, calcule F_c. (*Muestre la ecuación y desarrollo*).

[$F_c = ma_c$
$F_c = (0.75\text{ kg})(16\text{ m/s}^2) = 12$ newtons]

18. Panel 20. Lea el problema 10. Complete los siguientes datos; use *"incógnita"* para los que no se hayan dado.

$m =$ .....
$a_c =$ .....
$R =$ .....
$T =$ .....
$V =$ .....

[0.05 kg; incógnita; 0.25 m; incógnita; incógnita]

19. Panel 20, problema 10. Conocer los valores de m y R (es/no es) suficiente para calcular a_c

[no es]

20. Panel 20, problema 10. Se hace girar el objeto a 3 revoluciones por segundo. Indirectamente esto nos proporciona el ....., que es el tiempo para una revolución.

[período]

21. Panel 20, problema 10.

$$T = \frac{\text{tiempo}}{\text{número de revoluciones}} = \frac{1 \text{ s}}{3 \text{ revoluciones}}$$

$T = \frac{1}{3}$ ..... por revolución

[s]

22. Panel 20, problema 10.

$m = 0.05$ kg
$T = \frac{1}{3}$ s
$R = 0.25$ m

¿Podemos ahora calcular a_c? (sí/no). En caso de que podamos, ¿qué ecuación debemos usar? Si no, explique por qué.

[sí; $a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$]

23. Panel 20, problema 10. Calcule a_c y F_c.

$$[a_c = \frac{(4\pi^2)\,(0.25 \text{ m})}{(\frac{1}{3})^2 \text{ s}^2} = \frac{9.86 \text{ m}}{\frac{1}{9} \text{ s}^2} = 88.7 \text{ m/s}^2$$

$F_c = ma_c = (0.05 \text{ kg})\,(88.7 \text{ m/s}^2) = 4.4$ newtons]

24. Panel 20. Lea el problema 11.

(1) Haga una tabla de datos para m, T, a_c, F_c, R y V.
(2) Escoja una ecuación para a_c.
(3) Encuentre a_c.

[(1) $m = 9.0 \times 10^{-31}$ kg
T = incógnita
a_c = incógnita
F_c = incógnita
$R = 0.02$ m
$V = 3.0 \times 10^6$ m/s

(2) $a_c = \dfrac{V^2}{R}$

(3) $a_c = 4.5 \times 10^{14}$ m/s^2]

25. Panel 20, problema 11(*b*). Calcule F_c.

[$F_c = ma_c$

$F_c = (9.0 \times 10^{-31}\ \text{kg})\,(4.5 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2) = 4.1 \times 10^{-16}$ newtons]

26. Panel 20, problema 11. Examine la parte (*c*). Hemos encontrado que $a_c = 4.5 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2$ y tenemos R y V. ¿Qué ecuación debemos usar para encontrar T? Calcule T.

[$a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$

$4.5 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2 = \dfrac{4(3.14)^2(0.02\ \text{m})}{T^2}$

$T^2 = \dfrac{4(3.14)^2(0.02\ \text{m})}{4.5 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2}$

$T = 4.2 \times 10^{-8}$ s]

27. Panel 20. Lea el problema 12. La fuerza aplicada al electrón del problema 11 es de 4.1×10^{-16} newton. En el mismo problema, la rapidez del electrón fue de .....

[3.0×10^6 m/s]

28. Panel 20, problema 12(*a*).
$F_c = 4.1 \times 10^{-16}$ newtons
$V = 3.0 \times 10^6\ \text{m/s}$
$m = 1.6 \times 10^{27}$ kg
R = incógnita
¿Qué ecuación para F_c relaciona entre sí estos datos?

[$F_c = \dfrac{mV^2}{R}$]

29. Panel 20, problema 12(*a*). Calcule R.

[$F_c = \dfrac{mV^2}{R}$

$4.1 \times 10^{-16}\ \text{newton} = \dfrac{(1.6 \times 10^{-27}\ \text{kg})\,(3.0 \times 10^6\ \text{m/s})^2}{R}$

$R = \dfrac{(1.6 \times 10^{-27}\ \text{kg})\,(9.0 \times 10^{12}\ \text{m}^2/\text{s}^2)}{4.1 \times 10^{-16}\ \text{newton}} = 35$ m]

30. Panel 20. La parte (*b*) del problema 12 se refiere al radio de la trayectoria considerada en el problema 11. Esta fue de ..... m.

[0.02]

31. Panel 20, problema 12(*b*).

$m = 1.6 \times 10^{-27}$ kg

$R = 0.02$ m

$F_c = 4.1 \times 10^{-16}$ newton

Calcule V.

[$F_c = \dfrac{mV^2}{R}$

$4.1 \times 10^{-16}\ \text{newton} = \dfrac{(1.6 \times 10^{-27}\ \text{kg})V^2}{0.02\ \text{m}}$

$V^2 = \dfrac{(4.1 \times 10^{-16}\ \text{newton})(0.02\ \text{m})}{1.6 \times 10^{-27}\ \text{kg}}$

$V = 7.1 \times 10^4$ m/s]

32. Panel 20. Lea el problema 13(*a*).

(1) Forme una tabla de los datos proporcionados y la incógnita.

(2) Escoja una ecuación apropiada.

(3) Despeje la incógnita.

[(1) $T = 2.0 \times 10^6$ s

$R = 4.0 \times 10^8$ m

$a_c =$ incógnita

(2) $a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$

(3) $a_c = \dfrac{4(3.14)^2(4.0 \times 10^8\ \text{m})}{(2.0 \times 10^6\ \text{s})^2} = 3.9 \times 10^{-3}\ \text{m/s}^2$]

33. Panel 20, problema 13. $a_c = 3.9 \times 10^{-3}$ m/s² es el valor del campo ....., a una distancia de ..... metros, desde ....

[gravitacional; 4.0×10^8; el centro de la Tierra]

34. Panel 20, problema 13(*b*). La magnitud del campo gravitacional en o cerca de la superficie de la Tierra es de aproximadamente .... m/s².

[9.8]

35. Panel 20, problema 13(*b*).

g ..... = ... (*número*)

a_c para la Luna

[$\dfrac{9.8\ \text{m/s}^2}{3.9 \times 10^{-3}\ \text{m/s}^2} = 2.5 \times 10^3$ ó 2500]

36. Panel 20. Lea el problema 14. En el problema anterior encontramos que el valor del campo gravitacional en un punto dado, es el valor de la aceleración ..... producida por ..... gravitacional en ese punto.

[centrípeta; fuerza]

37. Panel 20, problema 14. $g = 9.0$ m/s² a ..... m desde el centro de la Tierra.

En el mismo punto, $a_c =$ ..... m/s².

[7.0×10^6; 9.0 m/s²]

38. Panel 20, problema 14.

$a_c =$ ..... m/s²
$R =$ ..... m
$V =$ ..... m/s

[9.0 m/s²
7.0×10^6 m

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

$$9.0 \text{ m/s}^2 = \frac{V^2}{7 \times 10^6 \text{ m}}$$

$$V^2 = (9.0 \text{ m/s}^2)(7 \times 10^6 \text{ m}) = 63 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$V = 8 \times 10^3$ m/s]

39. Panel 20, problema 14(*b*). Calcule el período de revolución.

[$a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$

$$9.0 \text{ m/s}^2 = \frac{4(3.14)^2(7 \times 10^6 \text{ m})}{T^2}$$

$$T^2 = \frac{4(3.14)^2(7 \times 10^6 \text{ m})}{9.0 \text{ m/s}^2}$$

$T = 5.5 \times 10^3$ s $= 5500$ s]

Sección 5. Leyes de Kepler del movimiento planetario

1. Vea el Panel 21. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[A]

2. Panel 21, La figura (*a*) es una curva llamada *elipse*. El punto *a* es un *foco* de la e.....; el punto *b* es el otro *foco*.

[elipse]

3. Panel 21. La figura (*a*) se llama elipse. El punto *a* es un ..... de la elipse.

[foco]

4. Panel 21. Los puntos *c* y *d* son los *focos* de la ..... de la figura (*b*).

[elipse]

5. Panel 21. Los focos *c* y *d* están más (cerca/lejos) uno del otro, que *a* y *b*.

[cerca]

6. Panel 21. La figura (*c*) es una ..... con sus ..... en *e* y *f*.

[elipse; focos]

7. Panel 21. Los focos de la Fig. (*c*) están más ..... uno del otro, que los de (*a*) o los de (*b*).

[cerca]

8. Panel 21. Compare la elipse (*a*) con la (*c*). La elipse (*c*) es (más/menos) circular que la (*a*).

[más]

9. Panel 21. Examine las Figs. (*a*), (*b*) y (*c*). Una elipse se va haciendo más circular al (acercarse/alejarse) entre sí sus focos.

[acercarse]

10. Panel 21. La figura (*d*) es un círculo con centro en *g*. Podemos suponer que es una ..... cuyos focos están tan cerca uno del otro, que coinciden en un solo .....

[elipse; punto]

11. Panel 21. Una elipse se hace (más/menos) circular, al aumentar la distancia entre sus focos.

[menos]

12. Panel 21. La elipse de la Fig. (*a*) es menos circular que la de la Fig. (*c*), porque sus focos están .....

[más lejos uno del otro]

13. Panel 21. Cuando la distancia entre los focos de una elipse es muy pequeña, la elipse se asemeja a un .....

[círculo]

14. Hay muchas situaciones en las que sería deseable tratar a una elipse como si fuese un círculo. Esto es aceptable solamente cuando los ..... de la elipse están .....

[focos; muy cerca uno del otro]

15. Refiérase al Panel 22. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[W]

16. Panel 22. La *órbita* de un planeta es la trayectoria que sigue alrededor del Sol. La ..... de Saturno, tal como está dibujada en esta figura, parece ser circular.

[órbita]

17. Panel 22, Fig. 1. Las mediciones hechas con precisión muestran que las órbitas de los planetas son elipses. Todos los planetas mostrados aquí (excepto Plutón) tienen sus focos (cercanos/alejados) entre sí, y sus órbitas *parecen* ser .....

[cercanos; círculos]

18. Panel 22, Fig. 1. Medidas muy precisas muestran que las órbitas de los planetas son ..... con sus ..... muy cercanos uno al otro.

[elipses; focos]

19. Panel 22, Fig. 1. Las ..... de todos los planetas son elipses, uno de cuyos focos es el Sol. Parecen ser círculos, debido a que sus focos están .....

[órbitas; (muy) cercanos entre sí]

20. Panel 22, Fig. 1. Las órbitas planetarias mostradas aquí tienen al ..... en uno de sus focos. Todas estas elipses parecen ser ..... debido a que ..... (*Complete esta oración.*)

[Sol; círculos; sus focos están muy cerca uno del otro]

21. Panel 22, Fig. 1. Medidas cuidadosas han mostrado que todos los planetas conocidos tienen órbitas.....icas. Exceptuando a Plutón y Mercurio, los focos de sus órbitas están tan cercanos entre sí que éstas parecen ser .....

[elípt(icas); circulares]

22. Los planetas del sistema solar se mueven en órbitas ....., uno de cuyos ..... es el .....

[elípticas; focos; Sol]

23. La primera ley del movimiento planetario afirma que (todos los/algunos) planetas se mueven en órbitas (circulares/elípticas), uno de cuyos focos es el Sol.

[todos los; elípticas]

24. La elipse es una línea ..... Un planeta que se mueve en una trayectoria elíptica, cambia continuamente su ..... al moverse en esa trayectoria.

[curva; dirección]

25. El movimiento de un planeta en su órbita (es/no es) acelerado. Explique su respuesta.

[Es, porque su velocidad cambia, por lo menos en dirección]

26. Enuncie la primera ley del movimiento planetario, con sus propias palabras.

[Todos los planetas se mueven en órbitas *elípticas*, uno de cuyos *focos* es el *Sol*]

27. Véase el panel 22. La figura 2 representa, en forma exagerada, la órbita de Marte. Esta órbita es una ..... y el .... está en uno de sus .....

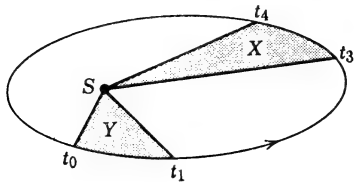
[elipse; Sol; focos]

28. Panel 22, Fig. 2. Lea el párrafo descriptivo. Kepler encontró que si el intervalo de tiempo $t_2 - t_1$ era igual al $t_4 - t_3$, entonces: área A .... área B. Esto se conoce como la ley de las ....

[=; áreas iguales]

29. Panel 22, Fig. 2. La segunda Ley de Kepler del movimiento planetario se refiere a las áreas barridas por la línea que une al Sol con el planeta, en intervalos ....

[de tiempo iguales]

30. 

Suponga que ésta es la órbita de la Tierra.
Si $t_1 - t_0 = t_4 - t_3$, entonces ¿qué puede usted decir acerca de las áreas X y Y?

[Que son iguales]

31. La ley de las áreas iguales afirma que la línea que une al ..... con un planeta en su órbita, barre .... en ....

[Sol; áreas iguales; intervalos de tiempo iguales]

32. Panel 22. La figura 2 muestra la distancia (longitud del arco) recorrida por Marte, del tiempo t_1 al t_2. Compárela con la distancia recorrida de t_3 a t_4. La distancia recorrida durante $t_2 - t_1$ es (mayor/menor) que la recorrida durante $t_4 - t_3$.

[menor]

33. Panel 22, Fig. 2. Las distancias recorridas en los intervalos $t_2 - t_1$ y $t_4 - t_3$ son (iguales/desiguales). Por otra parte, sabemos que los intervalos de tiempo $t_2 - t_1$ y $t_4 - t_3$ son (iguales/desiguales).

[desiguales; iguales]

34. Panel 22, Fig. 2. Marte recorre ..... desiguales, en .... iguales.

[distancias; intervalos de tiempo]

35. Si un objeto recorre distancias desiguales en intervalos de tiempo iguales, su rapidez en estos intervalos de tiempo, necesariamente son (iguales/desiguales).

[desiguales]

36. Panel 22, Fig. 2. Marte se mueve (más aprisa/más despacio) durante $t_4 - t_3$, que durante $t_2 - t_1$.

[más aprisa]

37. Panel 22. Fig. 2. ¿Durante qué intervalo está Marte más cerca del Sol, $t_2 - t_1$ ó $t_4 - t_3$?

[$t_4 - t_3$]

38. Panel 22, Fig. 2. Marte se mueve (más aprisa/más despacio) durante el intervalo de tiempo en que está más cerca del Sol.

[más aprisa]

39. Panel 22, Fig. 2. El planeta se mueve (más aprisa/más despacio) cuando se aleja del Sol.

[más despacio]

40. Panel 22, Fig. 2. De la ley de las .... se deduce que un planeta alcanza su máxima velocidad cuando está en su (máxima/mínima) distancia al Sol.

[áreas iguales; mínima]

41. Panel 22, Fig. 2. Un planeta se mueve con rapidez mínima cuando está a su .... del Sol.

[máxima distancia]

42. La segunda Ley de Kepler del movimiento planetario afirma que la línea que une al Sol con el planeta, ... (*Complete esta oración.*)

[barre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales]

43. Un corolario de la ley de las áreas iguales es que la ..... con que se mueve un planeta en su órbita depende de la distancia que haya del ..... al planeta, en un momento dado.

[rapidez; Sol]

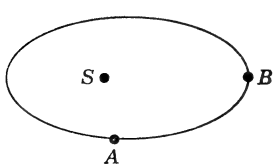
44. Cuanto más se acerque un planeta al Sol, tanto más ..... se moverá en su órbita.

[aprisa]

45. Cuanto más se .... Sol un planeta, tanto más despacio se moverá el planeta.

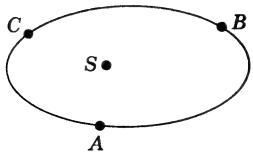
[aleje del]

46.



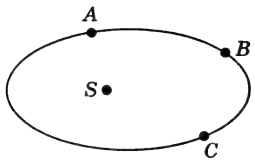
¿En qué punto (*A* ó *B*) se está moviendo más despacio el planeta?

[*B*]

47. 

¿En qué punto se mueve el planeta con rapidez mínima?

[*B*]

48. 

¿En qué punto alcanza su rapidez máxima el planeta?

[*A*]

49. De acuerdo con la primera ley del movimiento planetario, las órbitas de los planetas son .....s. La distancia del Sol a un planeta en su órbita (es/no es) la misma en todos los puntos de la trayectoria del planeta.

[elipse(s); no es]

50. Puesto que la distancia del Sol a un planeta dado no es constante, se habla de distancia *promedio*. El *radio medio* de la órbita de un planeta es el ..... de sus distancias al Sol.

[promedio]

51. Usaremos la letra *R* para representar el radio medio de la órbita de un planeta. *R* representa la .... de un planeta al .....

[distancia promedio; Sol]

52. El .... de la órbita de un planeta, es su distancia promedio al Sol. Representaremos esta cantidad con la letra ....

[radio medio; *R*]

53. Usamos la expresión "período de revolución" para designar el ..... que requiere una vuelta alrededor del Sol.

[tiempo]

54. Usamos la letra *T* para representar un ..... de ..... *T* se mide en unidades de .....

[período (de) revolución; tiempo]

55. R representa el .... de la órbita de un planeta. Este es su .... al Sol. T representa el ..... del planeta. (*Complete esta oración.*)

[radio medio; distancia promedio; período de revolución]

56. Observe la Fig. 3 del Panel 22. La columna de la izquierda contiene todos los planetas conocidos de nuestro sistema solar. El primero de la columna es .....

[Mercurio]

57. Panel 22, Fig. 3. Los planetas están enlistados en orden de sus distancias promedio al Sol. El planeta más cercano al Sol es .....; el más lejano del Sol es .....

[Mercurio; Plutón]

58. Panel 22, Fig. 3. En la segunda columna está el .... de la órbita de cada planeta. Todas las mediciones contenidas en esta columna, están en ..... (*unidades*).

[radio medio; metros]

59. Panel 22, Fig. 3. La tercera columna enlista el .... de cada uno de los planetas conocidos. Todas las mediciones de esta columna están en ..... (*unidades*).

[período de revolución; segundos]

60. Panel 22, Fig. 3. Kepler buscaba establecer una relación matemática entre R y T para un planeta. Esta relación se muestra en la cuarta columna. Implica la razón: $\frac{\text{.....}}{\text{.....}}$

[R^3/T^2]

61. Panel 22, Fig. 3. En la cuarta columna están los valores de la razón del cubo del .... al cuadrado del .... para cada planeta del sistema solar.

[radio medio (de la órbita); período de revolución]

62. Panel 22, Fig. 3. Las cantidades enlistadas en la cuarta columna están medidas en ..... (*unidades*).

[metros^3/s^2]

63. Panel 22, Fig. 3. Examine los valores de R^3/T^2 en la cuarta columna. Observe que en la mayoría de los casos las tres primeras cifras significativas son *constantes,* y que en *todos* los casos las ..... primeras cifras significativas son *constantes.*

[dos (2)]

64. Panel 22, Fig. 3. Basándose en datos como los que se muestran en la cuarta columna, Kepler dedujo que la razón R^3/T^2 era (constante/variable) para todos los planetas del sistema solar.

[constante]

65. Panel 22, Fig. 3. La cuarta columna de esta tabla representa datos similares a los que condujeron a Kepler a formular su tercera ley del movimiento planetario: la razón R^3/T^2 para un planeta, es (igual/desigual) a la razón R^3/T^2 para otro planeta.

[igual]

66. Podemos enunciar lo anterior, en forma algo diferente: la razón R^3/T^2 es ..... para todos los planetas de nuestro sistema solar.

[constante, igual, la misma]

67. Podemos escribir la tercera Ley de Kleper, en forma de ecuación matemática: ..... $= K$, donde K es una constante que depende de las unidades que se usen para medir R y T.

[R^3/T^2]

68. Tercera Ley de Kepler: $R^3/T^2 = K$.

K es una ..... que depende únicamente de las unidades que se usen para medir .... y ....

R es el .... de la órbita de cualquier planeta.

T es el ....

[constante; R (y) T; radio medio; período de revolución]

69. Panel 22, Fig. 3. Si R se mide en metros y T en segundos, entonces el valor de K estará en ..... (*unidades*).

[m^3/s^2]

70. Si R se mide en kilómetros y T en horas, K estará medida en .... (*unidades*).

[kilómetros^3/horas^2]

71. Panel 22, Fig. 3. Si R se mide en metros y T en segundos, el valor de K es ..... (*número y unidades; use* 3 *cifras significativas.*)

[3.35×10^{18} m^3/s^2]

72. $R^3/T^2 = K$

Despeje R^3. $R^3 =$ .....

[KT^2]

73. $R^3 = KT^2$.

Podemos enunciar la ..... Ley de Kepler como sigue: El cubo del radio medio de la órbita de un planeta es ..... proporcional al ..... de su ....

[tercera; directamente; cuadrado; período de revolución]

74. Enuncie la *primera* Ley de Kepler del movimiento planetario con sus propias palabras.

[Todos los planetas tienen órbitas elípticas, uno de cuyos focos es el Sol]

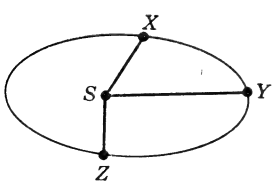
75. Enuncie la *segunda* Ley de Kepler del movimiento planetario.

[La línea que une al Sol con un planeta en su órbita, barre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales]

76. Con sus propias palabras, enuncie la *tercera* Ley de Kepler del movimiento planetario. Como ecuación matemática: .....
.....

[El cubo del radio medio de la órbita de un planeta es directamente proporcional al cuadrado de su período de revolución.
$R^3 = KT^2$ o bien $R^3/T^2 = K$]

77.



El planeta alcanza su velocidad máxima en el punto .... y la mínima en el punto ....

[Z; Y]

Sección 6. Fuerzas gravitacionales. Deducción de la ley del inverso del cuadrado $F_c = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2}$ y la ley de la gravitación universal $F_G = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

1. Anteriormente consideramos las fuerzas que dependen de las masas de los objetos presentes y de las distancias entre sus centros. Tales fuerzas se llaman .....

[gravitacionales]

2. Newton pensó que las fuerzas a quienes obedece el movimiento planetario eran probablemente fuerzas gravitacionales. Suponía que las fuerzas que determinan las órbitas planetarias dependían de las ..... de los objetos presentes y de las ..... entre ellos.

[masas; distancias]

3. Según Newton, las fuerzas a quienes obedece el movimiento planetario son principalmente fuerzas .....

[gravitacionales]

4. La primera ley del movimiento afirma que si la fuerza total que actúa sobre un objeto es cero, el objeto continúa moviéndose a velocidad .... a lo largo de una trayectoria .....

[constante; rectilínea]

5. Pero la primera Ley de *Kepler* nos dice que el movimiento de un planeta (es/no es) a lo largo de una trayectoria rectilínea.

[no es]

6. Esto implica que la fuerza total que actúa sobre un planeta continuamente es (igual a/mayor que) cero.

[mayor que]

7. La segunda Ley de Kepler del movimiento planetario implica que la rapidez de un planeta es (constante/variable).

[variable]

8. La primera y segunda Leyes de Kepler nos dicen que la velocidad con que se mueve un planeta cambia continuamente en ..... y en ....

[*En cualquier orden:* magnitud (rapidez); dirección]

9. Entonces, deducimos que un planeta siempre tiene una .... mayor que ..... aplicada a él.

[fuerza total; cero]

10. La segunda Ley de Newton del movimiento nos dice que una fuerza total mayor que cero produce una ..... en el movimiento del objeto al cual se aplica.

[aceleración]

11. De acuerdo con la segunda ley de Newton la fuerza total (F), la aceleración (a) y la masa (m) del objeto, están relacionadas entre sí por la ecuación: .....

[$F = ma$] (Puesto que de momento estamos tratando únicamente de las magnitudes, dejaremos a F y a sin su flechita).

12. $F = ma$

Hemos decidido que la fuerza total debe ser alguna clase de fuerza ..... que depende de las masas presentes y de las distancias entre ellas.

[gravitacional]

13. $F = ma$

Ahora debemos considerar la forma de encontrar un valor para a usando las leyes de Kepler. Hemos visto que, a pesar de que las órbitas de los planetas son elípticas, parecen ser ....., porque sus ..... están muy cercanos entre sí.

[circulares; focos]

14. La complicación matemática con trayectorias circulares es mucho menos complicada que con elípticas. Por lo tanto, supondremos que las órbitas de los planetas son ....., cuyo ..... común es el Sol.

[circulares; centro]

15. Supondremos que la órbita de un planeta es circular, y que la aceleración del planeta es hacia el centro de la trayectoria. A tal aceleración la llamaremos .....

[centrípeta]

16. En términos de R y T, la aceleración centrípeta se encuentra con la ecuación: $a_c =$ .....

[$\frac{4\pi^2 R}{T^2}$]

17. $a_c = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$

Para un planeta, R es el .... de su órbita, y T es su ....

[radio medio; período de revolución]

18. Dijimos que la aceleración centrípeta es debida a una fuerza dirigida hacia el centro de la trayectoria.

F_c = ... en términos de m, R y T.

$\left[m\left(\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\right)\right]$

19. Para un planeta en una órbita circular:

a_c = ...

F_c = ...

$\left[\dfrac{4\pi^2 R}{T^2};\right.$

$\left. m\left(\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\right)\right]$

20. (1) Para cualquier planeta que se mueve en una órbita circular, la fuerza que lo mantiene en tal órbita está dada por la ecuación: .....

(2) De la tercera Ley de Kepler del movimiento planetario:

$$\frac{\text{.....}}{\text{.....}} = K$$

$\left[F_c = m\left(\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\right);\right.$

$\left.\dfrac{R^3}{T^2} = K\right]$

21. (1) $F_c = m\left(\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\right)$

(2) $\dfrac{R^3}{T^2} = K$

(3) Despejando T^2 de (2): T^2 = ...

$[R^3/K]$

22. (1) $F_c = m\left(\dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\right)$

(2) $T^2 = \dfrac{R^3}{K}$

(3) Sustituyendo el miembro derecho de (2) en (1) y simplificando: $F_c =$ .....

$$[F_c = m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right) = m\left(\frac{4\pi^2 R}{R^3/K}\right) = m\left(\frac{4\pi^2 K}{R^2}\right)]$$

23. Ahora hemos deducido una ecuación que relaciona la .... necesaria para mantener a un planeta en su órbita alrededor del Sol, con la masa del ..... y con el .... de la órbita del planeta.

[fuerza total; planeta; radio medio]

24. $F_c = m\left(\frac{4\pi^2 K}{R^2}\right)$

Esta ecuación (contiene/no contiene) la masa del Sol. (Contiene/no contiene) la masa del planeta.

[no contiene; contiene]

25. Podemos expresar la ecuación en otra forma: $F_c = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2} \cdot 4$, π^2 y K (son/no son) constantes. $(4\pi^2 K)$ es una (constante/variable).

[son; constante (puesto que 4, π^2 y K son constantes)]

26. $F_c = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2}$

El valor de F_c depende de los valores de .... y ....

[m y R]

27. Hasta ahora hemos visto que la fuerza que mantiene a un planeta en su órbita es (directamente/inversamente) proporcional a la masa del planeta, y (directamente/inversamente) proporcional al cuadrado del radio medio de su órbita.

[directamente; inversamente]

28. El radio de la órbita de un planeta es la ..... que hay entre los ..... del planeta y del .....

[distancia; centros; Sol]

29. $F_c = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2}$

Esta ecuación expresa una ley fundamental de la dinámica planetaria. Esta ley nos dice que la fuerza que da origen al movimiento planetario

es directamente proporcional a la masa del ..... e inversamente proporcional al ..... de la distancia entre el centro del planeta y el Sol.

[planeta; cuadrado]

30. A esta ley se le llama a veces "ley del inverso del cuadrado". Esto indica el hecho de que la fuerza total varía inversamente con el .... (*Complete esta oración.*)

[cuadrado de la distancia entre el centro del planeta y el Sol]

31. Suponemos que la fuerza que origina el movimiento planetario es una fuerza .....; es decir, depende de las ..... del planeta y del Sol, y de la ..... entre sus .....

[gravitacional; masas; distancia; centros]

32. Hemos deducido una ecuación para esta fuerza: $F = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2}$.

En esta ecuación, F depende de la masa del (Sol/planeta).

Puesto que F es una fuerza gravitacional, también tendrá que depender en alguna forma de la masa del .....

[planeta; Sol]

33. Suponemos que F es una fuerza gravitacional.

En $F = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2}$, ... representa la masa del planeta.

La masa del ..... debe estar en alguna parte de la expresión $(4\pi^2 K)$.

[m; Sol]

34. $F = (4\pi^2 K)\frac{m}{R^2}$

Si F es una fuerza gravitacional, entonces la masa del Sol debe estar en alguna parte de la expresión .....

[$(4\pi^2 K)$]

35. Sea M la masa del Sol. $(4\pi^2 K)$ debe estar relacionado con M de algún modo. Hagamos la más simple suposición, es decir, que $(4\pi^2 K)$ es directamente proporcional a M. Si G es la constante de proporcionalidad, $(4\pi^2 K) =$ .....

[GM]

36. Estamos buscando una expresión matemática para F como fuerza gravitacional. Tal expresión debe contener (solamente a m/solamente a M/a M y m). Hemos supuesto que la expresión $(4\pi^2K)$ es .... a M; por lo tanto, $GM =$ .....

[a M y m; directamente proporcional; $4\pi^2K$]

37. (1) $F = (4\pi^2K)\dfrac{m}{R^2}$

(2) Suponemos que $(4\pi^2K) = GM$

(3) Entonces, $F =$ ..... $\dfrac{m}{R^2}$

[GM]

38. $F = G\dfrac{Mm}{R^2}$

Esta es una ecuación para la fuerza ..... que mantiene a un planeta en su órbita.

[gravitacional]

39. $F = G\dfrac{Mm}{R^2}$

G es una constante de proporcionalidad llamada *constante gravitacional.*

M representa la masa del .....;

m representa la masa del .....

[Sol; planeta]

40. G es una constante de proporcionalidad llamada .... Escriba una ecuación para la fuerza gravitacional que mantiene a un planeta en su órbita .....

[constante gravitacional; $F = G\dfrac{Mm}{R^2}$]

41. Para llegar a esta ecuación hemos hecho algunas suposiciones. Nuestra primera suposición fue que la fuerza gravitacional actuaba como fuerza centrípeta. Esto implica que las órbitas de los planetas son ...., cuando de hecho sabemos, mediante medidas precisas, que son .....

[circulares; elípticas]

42. Con excepción de Mercurio y Plutón, los focos de las órbitas planetarias están tan (alejados/cercanos) entre sí, que la suposición de que estas órbitas son círculos (está/no está) justificada para propósitos prácticos.

[cercanos; está]

43. Otra importante hipótesis que hicimos al deducir $F = G\frac{Mm}{R^2}$, es que las fuerzas que mantienen a los planetas en sus órbitas son fuerzas .....

[gravitacionales]

44. $F_c = (4\pi^2K)\frac{m}{R^2}$

Suponemos que la masa del Sol debe estar incluida en la expresión .....

[$4\pi^2K$]

45. Entonces, suponemos que la masa del Sol, M era ..... proporcional a $(4\pi^2K)$, o sea ..... $= 4\pi^2K$.

[directamente; GM]

46. Puesto que se han hecho estas suposiciones, ha sido necesario establecer experimentalmente la validez de la ecuación. Desde los tiempos de Newton, muchos experimentos han demostrado que estas suposiciones son correctas para todos los propósitos prácticos.

La ecuación $F =$ ..... no es sólo una deducción matemática; ha sido verificada .....

[$G\frac{Mm}{R^2}$; experimentalmente]

47. Newton hizo una suposición ulterior, es decir, que esta ecuación la aplicó a *cualquier dos trozos de materia* en el Universo. Entonces, si m_l representa la masa de la Luna, m_t la masa de la Tierra y r la distancia entre sus centros, la fuerza F que mantiene a la Luna en su órbita es $F =$ .....

[$G\frac{m_l m_t}{r^2}$]

48. La ecuación $F = G\frac{Mm}{R^2}$ se aplica lo mismo a .....s en sus órbitas alrededor del Sol, como a .....s en sus órbitas alrededor de sus planetas.

[planetas; lunas]

49. Sean m_1 y m_2 *cualquier* dos masas en el Universo y r la distancia entre sus centros. La fuerza gravitacional entre ellas es: $F =$ ..... Esta es una expresión matemática de la Ley de Newton de la *gravitación universal.* Esta ley se aplica a (grandes masas solamente/pequeñas masas solamente/cualesquier dos masas).

[$G\frac{m_1m_2}{r^2}$; cualesquier dos masas]

50. G es una constante *universal.* Su valor depende únicamente de las unidades en que se midan m_1, m_2 y r, y *no* de su magnitud. La G usada para determinar la fuerza gravitacional de un sistema Sol-planeta (es/no es) la misma G usada para determinar la fuerza gravitacional entre dos moléculas.

[es]

51. El valor de G (depende de/es independiente de) las unidades en que se midan m_1, m_2 y d. (depende de/es independiente de) los valores numéricos de estas cantidades.

[depende de; es independiente de]

52. En el sistema MKS, $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}$

En el sistema inglés G tiene (el mismo/diferente) valor.

[diferente]

53. $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ cuando m_1 y m_2 se miden en .... (*unidades*) y r se mide en ..... (*unidades*).

[kilogramos; metros]

54. Si las masas de la Tierra, la Luna y el Sol se miden en kilogramos y la distancia entre sus centros en metros, el valor de G usado para encontrar la fuerza gravitacional entre el Sol y la Tierra (es/no es) el mismo que el que se usó para encontrar la fuerza gravitacional entre la Tierra y la Luna.

[es]

55. $F = G\frac{m_1m_2}{r^2}$ es un enunciado matemático de la ley de la gravitación ..... Dos objetos cualesquiera en el Universo, se atraen entre sí con una fuerza ..... proporcional al producto de sus masas, e .... proporcional al ..... de la distancia entre sus centros.

[universal; directamente; inversamente; cuadrado]

56. Sean dos objetos cualesquiera en el Universo. Se atraen entre sí con una fuerza directamente proporcional al ..... de sus ....., e inversamente proporcional al cuadrado de la .... A esta ley la llamamos: ley de la ....

[producto; masas; distancia entre sus centros; gravitación universal]

57. $F = G\dfrac{m_1 m_2}{d^2}$ en donde m_1 y m_2 se miden en kilogramos y d en metros. $G = 6.67 \times 10^{-11}$ ..... (*unidades*).

$\left[\dfrac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right]$

58. Cuando usamos el valor $G = 6.67 \times 10^{-11} \dfrac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}$, el valor de F estará dado en ..... (*unidades*).

[newtons]

59. Usted se preguntará por qué la ley de la gravitación universal no la descubrieron los científicos anteriores a Newton. Considere dos masas muy grandes como, por ejemplo, dos rocas de 1000 kg cada una a 1 metro de distancia una de la otra. Calcule la fuerza gravitacional entre ellas.

$$\left[F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}\right.$$

$$F = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{1000\ \text{kg} \times 1000\ \text{kg}}{(1\ \text{m})^2}$$

$$F = 6.67 \times 10^{-11} \times 10^6 \text{ newtons}$$

$$F = \mathbf{6.67 \times 10^{-5}\ newton}\left.\right]$$

60. 6.67×10^{-5} newton es la fuerza gravitacional ejercida entre dos masas de 1000 kg cada una, con una distancia de 1 metro entre sus centros 1 newton es aproximadamente 0.22 libras.

$$6.67 \times 10^{-5} \text{ newton} = \text{.....} \text{ libras}$$

$[6.67 \times 10^{-5} \times 0.22 = 1.5 \times 10^{-5}$ libras]

61. Las fuerzas gravitacionales no se manifiestan fácilmente en la experiencia diaria, porque son generalmente demasiado (grandes/pequeñas) para medirse.

[pequeñas]

62. Panel 20, problema 15. El peso del cohete es la fuerza ..... que la Tierra ejerce sobre él. Sea M = masa de la Tierra, m = masa del

cohete, y R_0 = radio de la Tierra. Si F_0 representa el peso sobre la superficie de la Tierra, entonces $F_0 =$ .....

[gravitacional; $G\dfrac{Mm}{R_0^2}$]

63. Panel 20, problema 15. Sea R_1 la distancia entre el centro de la Tierra y el cohete cuando la fuerza gravitacional está a la mitad del valor que tiene al nivel del mar.

$$\frac{F_0}{2} = G\frac{Mm}{\text{.....}}$$

[R_1^2]

64. Panel 20, problema 15.

(1) Al nivel del mar:

$$F_0 = \frac{GMm}{R_0^2}$$

(2) A una distancia desconocida, desde la superficie de la Tierra:

$$\frac{F_0}{2} = G\frac{Mm}{R_1^2}$$

(3) Divida (1) entre (2): ..... $= \dfrac{R_1^2}{R_0^2}$

[$F_0 \div \dfrac{F_0}{2} = \left(G\dfrac{Mm}{R_0^2}\right) \div \left(G\dfrac{Mm}{R_1^2}\right)$

$F_0 \times \dfrac{2}{F_0} = G\dfrac{Mm}{R_0^2} \times \dfrac{R_1^2}{GMm} \qquad 2 = \dfrac{R_1^2}{R_0^2}$]

65. Panel 20, problema 15. $\dfrac{R_1^2}{R_0^2} = 2$

Despejando $R_1^2 \cdot R_1^2 =$ .....

[$2R_0^2$]

66. Panel 20, problema 15.

$R_1^2 = 2R_0^2$

Despeje R_1, en términos de R_0 y 2.

$R_1 =$ .....

[$R_0\sqrt{2}$]

67. Panel 20, problema 15. $R_1 = R_0\sqrt{2}$
Tenemos $R_0 =$ ..... m; $\sqrt{2} = 1.414$
Calcule $R_1 =$ ..... m.

[6.4×10^6
$R_1 = 1.414 \times 6.4 \times 10^6$ m
$R_1 = \mathbf{9.0 \times 10^6}$ **m**]

68. Panel 20, problema 15. R_1 representa la distancia entre el centro de la Tierra y el cohete a una altura h sobre la superficie de la Tierra.

$h =$ ..... $-$ ..... (*Use símbolos.*)

[$R_1 - R_0$]

69. Panel 20, problema 15. Calcule la altura a la cual el peso del objeto se reduce a la mitad del peso que tiene al nivel del mar.

[$h = R_1 - R_0$
$h = 9.0 \times 10^6 - 6.4 \times 10^6$ m
$h = \mathbf{2.6 \times 10^6}$ **m**]

70. Repasemos el problema 15 para obtener una ecuación general. Deseamos establecer una relación entre la fuerza gravitacional y la distancia entre los centros de las masas m_1 y m_2. Por lo tanto, $F_p =$ ..... para la distancia d_p.

[$G\dfrac{m_1m_2}{{d_p}^2}$]

71. Para la distancia d_n entre las mismas masas: $F_n =$ .....

[$\dfrac{G\,m_1m_2}{{d_n}^2}$]

72. (1) $F_p = \dfrac{G\,m_1m_2}{{d_p}^2}$

(2) $F_n = \dfrac{G\,m_1m_2}{{d_n}^2}$

(3) Divida (1) entre (2): $\dfrac{F_p}{F_n} =$ .....

[$F_p + F_n = \dfrac{G\,m_1m_2}{{d_p}^2} + \dfrac{G\,m_1m_2}{{d_n}^2} = \dfrac{G\,m_1m_2}{{d_p}^2} \cdot \dfrac{{d_n}^2}{G\,m_1m_2}$

$\dfrac{F_p}{F_n} = \dfrac{{d_n}^2}{{d_p}^2}$]

73. $\frac{F_p}{F_n} = \frac{{d_n}^2}{{d_p}^2}$

En palabras: la fuerza gravitacional es (directamente/inversamente) proporcional al ..... de la distancia entre los centros de las masas bajo consideración.

[inversamente; cuadrado]

74. Panel 20. Lea el problema 16. Se nos pide encontrar el peso de una masa de 100 kg a una altura de ..... m sobre la superficie de la Tierra. Esta es una distancia de ..... m desde el centro de la Tierra.

[19.2×10^6 m
$(6.4 \times 10^6) + (19.2 \times 10^6 \text{ m}) =$
25.6×10^6 m]

75. Panel 20, problema 16.

$\frac{F_p}{F_n} = \frac{{d_n}^2}{{d_p}^2}$

Sea F_p = peso, en la superficie, de la masa de 100 kg; entonces:

$d_n =$ ..... m

$d_p =$ ..... m

[25.6×10^6 m; 6.4×10^6 m]

76. ¿Cuál es el peso, en newtons, sobre la superficie de la Tierra, de una masa de 100 kg?

[$F_w = mg$
$F_w = (100 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)$
$F_w = 980$ newton]

77. Panel 20, problema 16.

$\frac{F_p}{F_n} = \frac{{d_n}^2}{{d_p}^2}$

$F_p = 980$ newtons

Sustituya, con los otros datos que se dan, y calcule F_n.

[$\frac{980 \text{ newtons}}{F_n} = \frac{(25.6 \times 10^6 \text{ m})^2}{(6.4 \times 10^6 \text{ m})^2}$

$\frac{980 \text{ newton}}{F_n} = 16$

$16\ F_n = 980$ newtons
$F_n = 61.5$ newtons]

78. Panel 20. Lea el problema 17. Sea F la fuerza de atracción (gravitacional) entre los jóvenes. Sean m_b la masa del joven y m_g la masa de la joven y d la distancia entre ellos. Entonces, $F =$ .....

[$G\frac{m_b m_g}{d^2}$]

79. Panel 20, problema 17.

$G =$ .....
$m_b =$ .....
$m_g =$ .....
$d =$ .....
$F =$ .....
} (*números y unidades*)

[$6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}$
80 kg
50 kg
2 m
$F = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{80\ \text{kg} \times 50\ \text{kg}}{4\text{m}^2} =$
6.67×10^{-8} newton]

80. Panel 20, problema 17.
1 newton = 0.22 libras
6.67×10^{-8} newton = ... libras
La gravitación universal (influye/no influye) en la atracción universal entre muchachos y muchachas.

[1.5×10^{-8} libras; no influye]

81. Panel 20. Lea el problema 18. Este es uno de los mejores métodos de que disponemos para calcular la masa de un planeta.
Las leyes de Kepler del movimiento planetario implican masas (sí/no).
Estas leyes (son/no son) directamente útiles para resolver este problema.

[no; no son]

82. Panel 20, problema 18. El satélite se mantiene en su órbita mediante una .... que lo acelera hacia .... A esta fuerza la llamamos fuerza ....

[fuerza total, gravitacional, centrípeta; el centro de la Tierra; centrípeta]

83. Panel 20, problema 18. Si R_s es la distancia del satélite al centro de la Tierra, m_s es su masa y T es su período de revolución, entonces $F_c =$ .....

$$\left[m_s\left(\frac{4\pi^2 R_s}{T^2}\right)\right]$$

84. Panel 20, problema 18. Pero F_c también es una fuerza g..... Sea M_t la masa de la Tierra; entonces,

F_c también es igual a ..... (*símbolos*)

$$\left[\text{gravitacional; } G\frac{M_t m_s}{R_s^2}\right]$$

85. Panel 20, problema 18.

(1) $F_c = m_s\left(\frac{4\pi^2 R_s}{T^2}\right)$

(2) $F_c = G\frac{M_t m_s}{R_s^2}$

(3) Igualando los miembros derechos de (1) y (2): ..... = ...

$$\left[m_s\left(\frac{4\pi^2 R_s}{T^2}\right) = G\frac{m_s M_t}{R_s^2}\right]$$

86. $m_s\left(\frac{4\pi^2 R_s}{T^2}\right) = G\frac{m_s M_t}{R_s^2}$

Podemos eliminar la masa del satélite dividiendo ambos miembros entre m_s. Entonces, $\frac{4\pi^2 R_s}{T^2} =$ .....

$$\left[G\frac{M_t}{R_s^2}\right]$$

87. Panel 20, problema 18.

$$\frac{4\pi^2 R_s}{T^2} = \mathrm{G}\frac{M_t}{R_s^2}$$

Despejando M_t en esta ecuación: $M_t =$ .....

$$\left[\frac{4\pi^2 R_s^3}{T^2 G}\right]$$

88. Panel 20, problema 18.

$$M_t = \frac{4\pi^2 R_s^3}{T^2 G}$$

$G =$ ..... (*número y unidades*).

El período de revolución es $T =$ ..... s.

$$[6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

$T = 98 \text{ min} = \mathbf{5880 \text{ s}}]$

89. Panel 20, problema 18. La altura del satélite es de ..... m

[500 km = 500,000 m]

90. Panel 20, problema 18.

$R_s =$ ..... m

$$[R_s = 6.4 \times 10^6 \text{ m} + 500{,}000 \text{ m}$$
$$= 6.4 \times 10^6 \text{ m} + 0.5 \times 10^6 \text{ m}$$
$$= \mathbf{6.9 \times 10^6 \text{ m}}]$$

91. Panel 20, problema 18.

$$M_t = \frac{4\pi^2 R_s^3}{T^2 G}$$

Sustituya las cantidades conocidas y calcule la masa de la Tierra.

$$[M_t = \frac{4(3.14)^2(6.9 \times 10^6)^3}{(5.88 \times 10^3)^2(6.67 \times 10^{-11})}$$

$M_t = \mathbf{5.5 \times 10^{24} \text{ kg}}]$

Sección 7. Introducción al movimiento armónico simple

El desplazamiento y la constante de fuerza
Fuerza de restitución
Condición de equilibrio
Desplazamiento
Gráfica de F como función de x
Constante de fuerza, k

1.

Cuando usted estira un resorte, hay una fuerza ejercida por el resorte que tiende a restaurarlo a su posición no estirada o *de equilibrio*. El resorte que se muestra aquí está siendo estirado hacia la derecha. La ..... de restitución debe estar ejercida hacia la .....

[fuerza; izquierda]

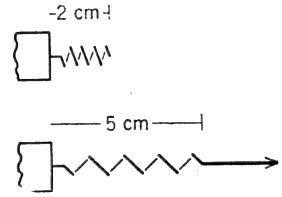
2. La fuerza que tiende a restaurar la condición de equilibrio a un resorte estirado, se llama fuerza de ..... Es ejercida (en la misma dirección/en dirección opuesta) de la fuerza de estiramiento.

[restitución; en dirección opuesta]

3. En general, mientras más estire usted un resorte, (mayor/menor) será la fuerza de restitución que tiende a regresarlo a su condición de ....

[mayor; equilibrio]

4. La diferencia entre la longitud de un resorte estirado y su longitud cuando está en equilibrio se llama su desplazamiento. En la figura de la derecha, el desplazamiento es de .... cm a la ..... (*dirección*).



[3; derecha]

5. El desplazamiento es una longitud o distancia que se mide en una ..... definida. Es una cantidad .....

[dirección; vectorial]

6. Considere su propia experiencia con resortes. A mayor fuerza para estirar un resorte, (mayor/menor) desplazamiento a partir de su posición de .....

[mayor; equilibrio]

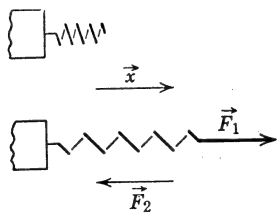
7. Recíprocamente, mientras mayor sea el desplazamiento producido en la longitud de un resorte, (mayor/menor) será la fuerza requerida para estirarlo.

[mayor]

8. ¿Y la fuerza de restitución? ¿Será (mayor/menor) al aumentar el desplazamiento?

[mayor]

9.



En esta figura, ... representa el desplazamiento del resorte; .... es la fuerza de estiramiento, y .... es la fuerza de restitución.

[$\vec{x}$; $\vec{F}_1$; $\vec{F}_2$]

10. Continuaremos representando el desplazamiento con una $\vec{x}$. Usaremos $\vec{F}_r$ para representar la fuerza de restitución. Al aumentar $\vec{x}$, la magnitud de $\vec{F}_r$ (aumenta/disminuye). $\vec{x}$ y $\vec{F}$ tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[aumenta; direcciones opuestas]

11. Véase el Panel 23. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[M]

12. Panel 23. Esta es una gráfica que relaciona la .... con el .....

[fuerza de restitución; desplazamiento]

13. Panel 23. Entre *A* y *B*, la curva de la gráfica es prácticamente una línea .....

[recta]

14. Panel 23. *A* y *B* se llaman frecuentemente *límites elásticos* del resorte. Entre estos dos puntos el desplazamiento es (directamente/inversamente) proporcional a la fuerza de restitución.

[directamente]

15. Panel 23. *A* y *B* se llaman frecuentemente .... del resorte. Más allá de la línea recta que determina la relación entre $\vec{F}_r$ y $\vec{x}$ (es/no es) la de una proporción directa simple.

[límites elásticos; no es]

16. Panel 23. Dentro de los límites elásticos de un resorte, la gráfica de $\vec{F}_r$ como función de $\vec{x}$ es una línea ....., lo que indica que $\vec{F}_r$ y $\vec{x}$ son .... uno al otro.

[recta; directamente proporcionales]

17. Pasando de los límites elásticos, la gráfica $\vec{F}_r$ como función de $\vec{x}$ es una ....., indicando que la relación entre $\vec{F}_r$ y $\vec{x}$ (es/no es) una proporción directa.

[curva; no es]

18. Panel 23. F_r y x las magnitudes de la fuerza de restitución y del desplazamiento, respectivamente. Sea k una constante de proporcionalidad.

Dentro de los límites elásticos del resorte podemos relacionar F y x en la ecuación $F_r = \ldots$.

[kx]

19. Cuando la fuerza de restitución de un resorte es directamente proporcional al desplazamiento del mismo, se llama fuerza de restitución *elástica.* En la gráfica, más allá de B, F_r (es/no es) una fuerza de restitución elástica.

[no es]

20. Panel 23. $F_r = kx$.

Esta ecuación relaciona las ..... de la fuerza de restitución y el desplazamiento (más allá de/dentro de) los puntos A y B.

[magnitudes; dentro de]

21. Panel 23. Dentro de los límites de los puntos A y B, $\vec{F}_r$ es una fuerza de restitución .....

[elástica]

22. Panel 23. $F_r = kx$

k se llama frecuentemente *constante de fuerza.* Podemos escribir: $k = F_r/x$. Esta ecuación indica que la constante de fuerza es la ..... de la curva, dentro de los .... del resorte.

[pendiente; límites elásticos]

23. Panel 23. Hemos visto que tanto la fuerza de restitución como el desplazamiento son cantidades .....

[vectoriales]

24. Panel 23. Usando notación vectorial, escribimos: $\vec{F}_r = -k\vec{x}$. El signo menos indica que $\vec{F}_r$ y $\vec{x}$ tienen dirección(es) .....

[opuestas]

25. En la ecuación $\vec{F}_r = -k\vec{x}$, k es una constante característica del resorte particular bajo examen. Se llama constante de ..... del resorte.

[fuerza]

26. Ahora tenemos una ecuación que relaciona el desplazamiento de un resorte con su fuerza de restitución. La ecuación es ..... (use notación vectorial). Esta ecuación es válida únicamente para aquella porción

de la gráfica $\vec{F}_r$ como función de $\vec{x}$, en donde la curva es una línea ....; es decir, dentro de los .... del resorte.

[$\vec{F}_r = -k\vec{x}$ (no olvide el signo menos); recta; límites elásticos]

27. En esta ecuación se observa que el valor de k depende del material que se va a estirar. Se llama ..... de ..... del resorte, y es la ..... de la curva $\vec{F}_r$ contra $\vec{x}$ en el intervalo entre los límites elásticos.

[constante (de) fuerza; pendiente]

28. El signo menos en la ecuación vectorial que relaciona a $\vec{F}_r$ con $\vec{x}$ indica que $\vec{F}_r$ y $\vec{x}$ tienen .... Si nos interesan únicamente las magnitudes de $\vec{F}$ y $\vec{x}$, usamos la ecuación: .....

[direcciones opuestas; $F_r = kx$]

29. La ecuación $\vec{F}_r = -k\vec{x}$ vlida únicamente para una fuerza de restitución .....

[elástica]

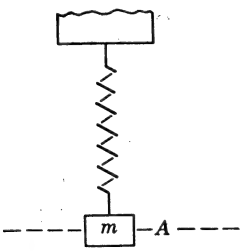
30. Se dice que una fuerza de restitución es elástica únicamente dentro de los .... del resorte bajo consideración.

[límites elásticos]

Sección 8. Características del movimiento armónico simple

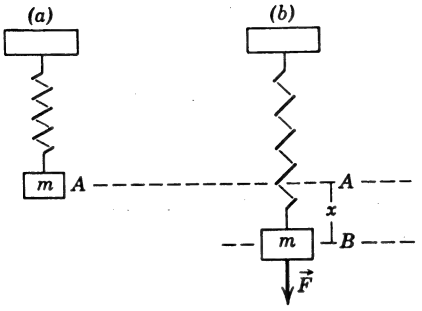
$$\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$$

1.



En esta figura, un resorte (cuya masa despreciamos) y una masa m unida a él, pende en condiciones de equilibrio en A. Puesto que ninguna parte del sistema se mueve, la fuerza total aplicada al sistema es .....

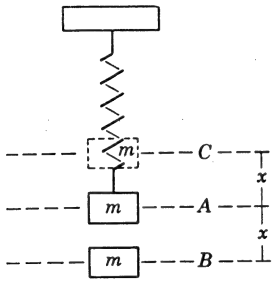
[cero]

2. 

En (a), el sistema resorte-masa está en condición de .....

En (b), una fuerza total $\vec{F}$ ha desplazado a m una distancia .... de A a B.

[equilibrio; x]

3. 

Cuando la fuerza total es retirada, m se moverá hacia arriba y hacia abajo, pasando por su posición de equilibrio A. Al moverse hacia arriba y hacia abajo alternativamente, lo hace impulsada por una fuerza que tiende a ..... a su posición de ..... Si $\vec{x}$ representa el desplazamiento en un instante dado, entonces $\vec{F} =$ .....

[restaurarla; equilibrio; $-k\vec{x}$]

4. Véase la figura del cuadro 3. Al alejarse la masa de la posición de equilibrio, las magnitudes de $\vec{F}$ y $\vec{x}$ (aumentan/disminuyen).

[aumentan]

5. Véase la figura del cuadro 3. La fuerza de restitución $\vec{F}$ siempre actúa para restaurar a m a su posición de equilibrio. Al hacerlo, debe producir una ..... en el movimiento de m.

[aceleración]

6. Conforme a la segunda ley del movimiento, $\vec{F} =$ ..... En la figura del marco 3, $\vec{F} =$ .....

[$m\vec{a}$; $-k\vec{x}$]

7. Puesto que $\vec{F} = m\vec{a}$ y $\vec{F} = -k\vec{x}$, entonces $m\vec{a} =$ .....

m representa la masa unida al resorte. Suponemos que el resorte tiene una masa .....

[$-k\vec{x}$; despreciable]

8. $m\vec{a} = -k\vec{x}$

Despejando $\vec{a}$: $\vec{a} =$ .....

[$-\frac{k}{m}\vec{x}$]

9. Sea $\vec{x}$ el desplazamiento a partir del equilibrio, de una masa m unida a un resorte. Su aceleración en cualquier instante se encuentra con la ecuación: ..... $\vec{a}$ y $\vec{x}$ tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[$\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$; direcciones opuestas]

10. Cuando la masa en el cuadro 3 se está moviendo hacia arriba de su posición de equilibrio, está siendo acelerada hacia ..... (*dirección*).

[abajo]

11. En el sistema ilustrado en el cuadro 3, la aceleración y la fuerza de restitución tienen (la misma/opuesta) dirección. La fuerza de restitución y el desplazamiento tienen (la misma/opuesta) dirección. La aceleración y el desplazamiento tienen (la misma/opuesta) dirección.

[la misma; opuesta; opuesta]

12. Véase la figura del cuadro 3. $\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$.

k y m son (constantes/variables). La magnitud de $\vec{a}$ depende de la magnitud de ....

[constantes; $\vec{x}$]

13. Al moverse m hacia arriba y hacia abajo pasando por la posición A, $\vec{x}$ varía continuamente en magnitud y dirección. En esta clase de movimiento, $\vec{a}$ es una aceleración (uniforme/no uniforme). Explique su respuesta.

[no uniforme ($\vec{a}$ no puede ser uniforme porque depende de $\vec{x}$, que varía continuamente]

14. El movimiento de una masa unida a un resorte y en libertad de moverse de un lado a otro pasando por la posición de equilibrio, es un ejemplo de *movimiento armónico simple.* El M.A.S. (su abreviación) es movimiento bajo la influencia de una fuerza de restitución que es .... al desplazamiento. En el M.A.S. la aceleración y el desplazamiento tienen (la misma/opuesta) dirección.

[directamente proporcional; opuestas]

15. El movimiento armónico simple (es/no es) un ejemplo de movimiento uniformemente acelerado.

[no es]

16. Cuando una fuerza de restitución es directamente proporcional al desplazamiento, la llamamos fuerza de restitución.....

[elástica]

17. El M.A.S. es movimiento bajo la influencia de una fuerza ....

[de restitución elástica]

18. En el M.A.S. la magnitud de la aceleración es .... a la magnitud del desplazamiento, en cualquier instante.

$$\vec{a} = \text{.....}$$

[directamente proporcional; $-\frac{k}{m}\vec{x}$]

19. Al pasar la masa m por su posición de equilibrio, su desplazamiento x es .... (*número*).

[0, ó cero]

20. $\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$

Al pasar m por su posición de equilibrio, $\vec{x} =$ .... y $\vec{a} =$ ....

[0; 0]

21. $\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$

Cuando m está en su punto más alto o en su punto más bajo, la magnitud de $\vec{a}$ es (máxima/mínima). La magnitud de $\vec{a} = 0$ cuando m está en su ....

[máxima; posición de equilibrio]

22. La caída libre en un campo gravitacional es un ejemplo de movimiento .... La aceleración en la caída libre es (constante/variable) en magnitud y dirección.

[uniformemente acelerado; constante]

23. En el movimiento armónico simple, la aceleración es (constante/variable) en magnitud y dirección.

[variable]

24. En el M.A.S., la magnitud de la aceleración es máxima cuando la magnitud del ..... es máximo; por ejemplo, cuando m del marco 3 está en su .... o en su .... punto.

[desplazamiento; *en cualquier orden*: más alto, más bajo]

25. El experimento demuestra que el movimiento hacia arriba y hacia abajo del sistema resorte-masa del marco 3, se repite en intervalos de tiempo iguales. El tiempo requerido para que m se mueva de B a C y regrese a B es (constante/variable).

[constante]

26. El experimento ha demostrado que el M.A.S. es *periódico*; es decir, se repite en intervalos de tiempo (iguales/desiguales).

[iguales]

27. El movimiento de un lado a otro de un péndulo es una forma de movimiento ....., porque se repite en intervalos de tiempo iguales.

[periódico]

28. El movimiento del segundero en la carátula de un reloj (es/no es) un ejemplo de movimiento periódico.

[es]

29. El M.A.S. tiene las siguientes características:

(1) Es una forma de movimiento .....

(2) Es movimiento bajo la influencia de una ....

.....

(3) La aceleración es directamente proporcional al ..... y siempre ..... a éste, en .....

[periódico; fuerza de restitución elástica; desplazamiento; opuesta; dirección]

30. En el M.A.S. la aceleración es (constante/variable) en (magnitud solamente/dirección solamente/magnitud *y* dirección).

[variable; magnitud y dirección]

31. En el M.A.S.: $\vec{a} =$ ..... en términos de k, m y x.

$[-\frac{k}{m}\vec{x}]$

32. El movimiento de la Luna en su órbita alrededor de la Tierra (es/no es) un ejemplo de movimiento periódico. El movimiento orbital de la Luna (es/no es) un ejemplo de M.A.S.

[es (sólo hay muy ligeras variaciones de tiempo); no es]

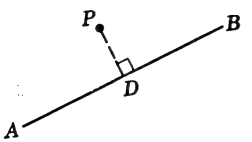
Sección 9. Ecuaciones generales del movimiento armónico simple

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

1. Una de las cosas más importantes acerca del movimiento armónico simple es su *período*. Un período es el ..... que emplea un movimiento completo hacia arriba-hacia abajo o bien hacia adelante-hacia atrás. El período de un M.A.S. se mide en unidades como (metros; m/s; horas; kg/nt).

[tiempo; horas]

2.

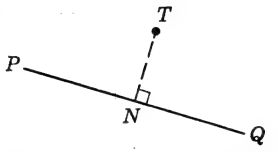


Para encontrar una ecuación para el período de un M.A.S. tenemos que introducir primero la noción de *proyección* de un punto sobre una

línea. PD es perpendicular a AB. Llamamos D a la proyección de .... sobre la línea ....

[P; AB]

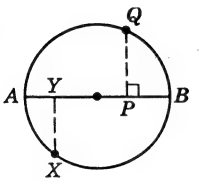
3.



La ..... de T sobre PQ es ....

[proyección; N]

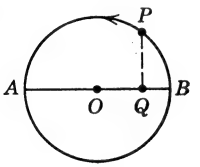
4.



AB es el ..... de este círculo.
.... es la proyección de Q sobre AB.
.... es la proyección de X sobre AB.

[diámetro; P; Y]

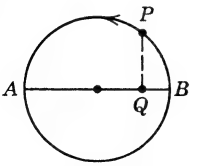
5.



Al moverse P alrededor del círculo, su ..... sobre el diámetro oscila a lo largo de la línea ....

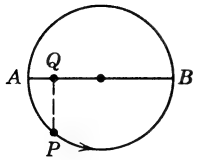
[proyección; AB]

6.



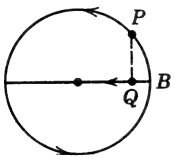
Al moverse P de B hacia A alrededor de la circunferencia, su proyección se mueve del punto B hacia el punto .... a lo largo del .... del círculo.

[A; diámetro]

7. 

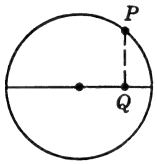
Al regresar P de A hacia B por sobre la circunferencia, su proyección se mueve de .... a .... a lo largo del .....

[A; B; diámetro]

8. 

Al dar P cualquier número de vueltas alrededor de la circunferencia, ... se mueve y *oscila* a lo largo del .....

[Q; diámetro]

9. 

P se mueve en una trayectoria ..... Q ..... a lo largo de una trayectoria .....

[circular; oscila; rectilínea]

10. Véase el Panel 24. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[R]

11. Panel 24. En la Fig. (a), P representa una masa m moviéndose con rapidez constante en una trayectoria circular con radio R y centro en O. Al moverse P sobre el círculo, su proyección sobre el eje x ..... entre los puntos .... y ....

[oscila; A y A_1]

12. Panel 24, Fig. (a). $\vec{x}$ es el desplazamiento de Q a partir de su posición de equilibrio, el punto O, que es el ..... del círculo. Al moverse P sobre el círculo, $\vec{R}$ siempre tiene la misma ....., pero cambia continuamente de .....

[centro; magnitud (longitud); dirección]

13. Panel 24, Fig. (*a*) Cuando *P* está en *A*, la magnitud de $\vec{x}$ es igual al ..... del círculo.

[radio]

14. Panel 24, Fig. (*a*). Al moverse *P* de *A* hacia *N*, la magnitud de *x* (aumenta/disminuye).

[disminuye]

15. Panel 24, Fig. (*a*). Cuando *P* está en *N*, la magnitud de $\vec{x}$ es (máxima/mínima).

[mínima]

16. Panel 24, Fig. (*a*). Cuando *P* está en *N*, $\vec{x}$ = ... (*número*).

[cero, 0]

17. Panel 24, Fig. (*a*). Al moverse *P* de *N* a A_1, la magnitud de $\vec{x}$ (aumenta/disminuye), hasta que alcanza de nuevo su valor (máximo/mínimo) en A_1. En A_1, $\vec{x}$ = ... (*símbolo*).

[aumenta; máximo; $\vec{R}$]

18. Panel 24, Fig. (*a*). Al regresar *P* hacia *A* alrededor de la circunferencia, la magnitud de $\vec{x}$ primero (aumenta/disminuye) hasta que pasa por *Z*, donde tiene su valor (máximo/mínimo), y entonces (aumenta/disminuye) hasta que alcanza *A*. Entonces $\vec{x}$ = ... (*símbolo*).

[disminuye; mínimo; aumenta; $\vec{R}$]

19. Panel 24, Fig. (*a*). La masa *m* representada por *P* está moviéndose con rapidez ..... en una trayectoria circular. Debe haber una fuerza total mayor que cero, jalándola .....
(*¿En qué dirección?*)

[constante; hacia el centro del círculo (o en ángulo recto con el vector velocidad)]

20. Panel 24, Fig. (*a*). La fuerza que produce esta clase de aceleración se llama fuerza .....

[centrípeta]

21. Panel 24. En la Fig. (*b*) representamos la misma situación. Sin embargo, ahora hemos trazado los vectores fuerza $\vec{F}_c$ y $\vec{F}_x$. $\vec{F}_x$ es la .... de $\vec{F}_c$ a lo largo del eje *x*.

[componente rectangular]

22. Panel 24. Compare $\vec{x}$ en la Fig. (*a*) con $\vec{F}_x$ en la Fig. (*b*). Tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[direcciones opuestas]

23. Panel 24. Observe también que, al moverse *P* alrededor del círculo, $\vec{F}_x$ cambia de ..... en la forma en que lo hace $\vec{x}$. Al moverse *P* de *A* a *N*, F_x (aumenta/disminuye).

[magnitud, disminuye]

24. Panel 24, Figs. (*a*) y (*b*). Entonces, se tiene que las magnitudes de $\vec{F}_x$ y $\vec{x}$ son (directamente/inversamente) proporcionales y sus direcciones son siempre opuestas. En otras palabras, podemos escribir la ecuación: $\vec{F}_x =$ ....., donde *k* es una constante de proporcionalidad.

[directamente; $-k\vec{x}$]

25. Panel 24, Figs. (*a*) y (*b*). La componente de $\vec{F}_c$ a lo largo del eje *x* tienen todas las características de una fuerza de .....

[restitución elástica]

26. Panel 24. Puesto que *P* se mueve con rapidez constante, su movimiento se repite a intervalos de tiempo iguales. Esto significa que el movimiento de su proyección, *Q*, a lo largo del eje *x*, es ..... (*una palabra*).

[periódico]

27. Panel 24. El movimiento de *P* está bajo la influencia de ($\vec{F}_c$/$\vec{F}_x$). El movimiento de *Q* está bajo la influencia de ($\vec{F}_c$/$\vec{F}_x$).

[$\vec{F}_c$; $\vec{F}_x$]

28. Panel 24. $\vec{F}_x$ tiene todas las características de una fuerza .... El movimiento de *Q* es ..... El movimiento de *Q* hacia ambos lados, bajo la influencia de $\vec{F}_x$, es un ejemplo de movimiento ....

[de restitución elástica; periódico; armónico simple]

29. Panel 24, Figs. (*a*) y (*b*). Empleando la geometría, podemos probar que el triángulo I, que contiene a *x* y *R*, es semejante al triángulo II que contiene las partes correspondientes .... y ....

[F_x y F_c]

30. Panel 24. En triángulos semejantes, los lados correspondientes son proporcionales. En símbolos:

$$\frac{F_x}{F_c} = \frac{\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots}$$

$\left[\frac{x}{R}\right]$

31. Panel 24. $\frac{F_x}{F_c} = \frac{x}{R}$

Despejando F_x: $F_x = \ldots\ldots\ldots$

$\left[F_c\left(\frac{x}{R}\right)\right]$

32. Panel 24. $F_x = F_c\left(\frac{x}{R}\right)$

Pero $F_c = m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right)$

Por lo tanto, $F_x = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ (*Simplifique y cancele factores iguales.*)

$\left[F_x = m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right)\left(\frac{x}{R}\right)\right.$

$\left. F_x = \frac{4\pi^2 m}{T^2} x\right]$

33. En notación vectorial, ya que .... y .... tienen dirección opuesta, $\vec{F}_x = -\frac{4\pi^2 m}{T^2}\vec{x}$

$[\vec{F}_x$ (y) $\vec{x}]$

34. Panel 24. Ahora usaremos la ecuación $\vec{F}_x = -\frac{4\pi^2 m}{T^2}\vec{x}$ para deducir una ecuación para el *período de un movimiento armónico simple.* Si $\vec{F}_x$ representa una fuerza de restitución elástica, entonces $\vec{F}_x = \ldots\ldots\ldots$ en términos de $\vec{x}$ y k.

$[-k\vec{x}]$

35. $\vec{F}_x = -\frac{4\pi^2 m}{T^2}\vec{x}$

$\vec{F}_x = -k\vec{x}$

$-k\vec{x} =$ .....

$[-\frac{4\pi^2 m}{T^2}\vec{x}]$

36. $-k\vec{x} = -\frac{4\pi^2 m}{T^2}\vec{x}$

Eliminamos las $\vec{x}$ y los signos menos y despejamos T^2. $T^2 =$ .....

$[k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$

$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}]$

37. $T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$

$T = 2\pi$ .....

$[\sqrt{m/k}]$

38. $T = 2\pi\sqrt{m/k}$

T representa el ..... de cualquier movimiento ....

[período; armónico simple]

39. Panel 24, Fig. (*a*). El desplazamiento máximo de Q a partir de su posición de equilibrio, se llama *amplitud* del M.A.S. El desplazamiento máximo ocurre cuando $x =$ ....

$[\vec{R}]$

40. Panel 24, Fig. (*a*). Podemos usar $\vec{R}$ para representar la ..... de este movimiento armónico simple.

[amplitud]

41. Panel 24, Fig. (*a*). $\vec{R}$ representa el .... de Q, a partir de su posición de equilibrio. $\vec{R}$ es la ..... de este M.A.S.

[desplazamiento máximo; amplitud]

42. $T = 2\pi\sqrt{m/k}$

Esta ecuación para el ..... del M.A.S. (contiene/no contiene) la amplitud.

[período; no contiene]

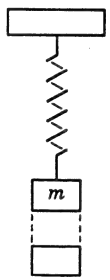
43. Esto significa que el período de un sistema con M.A.S. (depende de/es independiente de) la amplitud del sistema.

[es independiente de]

44. El período de un sistema en M.A.S. depende de (la masa/el desplazamiento/la amplitud/la constante de fuerza). Seleccione una o más respuestas.

[la masa y la constante de fuerza]

45.



La masa ilustrada aquí es de 5 kg. La constante de fuerza del resorte es de 125 newton/m. Usando $\pi = 3.14$, calcule el tiempo requerido para *un* ciclo de movimiento hacia arriba-hacia abajo.

[$T = 2\pi\sqrt{m/k}$
$T = 2(3.14)\sqrt{5/125} = 6.28 \times \frac{1}{5} = 1.26$ s]

46. (Importa/no importa) cuánto jalemos la masa de este problema hacia abajo, para comenzar el M.A.S. Explique su respuesta.

[no importa, porque el período de un M.A.S. es independiente de su amplitud]

47. Hemos estudiado tres clases de movimiento que tienen aplicación muy amplia en física. Cualquier movimiento bajo la influencia de una fuerza total que permanece casi constante, se llama movimiento .....
....

[uniformemente acelerado]

48. El movimiento con rapidez constante en una trayectoria circular está bajo la influencia de una fuerza que es (constante/variable) en magnitud, pero que tiene una dirección ..... al vector velocidad en cual-

quier instante. Puesto que el vector velocidad cambia de dirección continuamente, esta clase de movimiento (es/no es) uniformemente acelerado.

[constante; perpendicular; no es (puesto que la fuerza siempre está en ángulo recto con el vector cambiante]

49. El movimiento de un electrón en un campo magnético es aquel en el que la fuerza magnética siempre está en ángulo recto con el vector velocidad. La fuerza y la aceleración de este caso se llaman ....., y el movimiento se efectúa en una trayectoria .....

[centrípetas; circular]

50. Los átomos en una red cristalina vibran de un lado a otro pasando por la posición de equilibrio. La mejor forma de manejar esta clase de movimiento sería mediante las ecuaciones del movimiento ....

[armónico simple]

Sección 10. El péndulo simple

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

1. Veamos el Panel 25. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[S]

2. Panel 25. Esta figura representa un *péndulo simple.* Un péndulo simple consiste de una masa m en el extremo de una cuerda de longitud l. Se supone que m representa la masa total del sistema. La cuerda se considera sin ..... propia.

[masa]

3. Panel 25. La masa es jalada hacia un lado del punto Q y en seguida se suelta. Se moverá de un lado a otro en un *arco circular,* pasando por esta posición de .....

[equilibrio]

4. Panel 25. El movimiento oscilatorio del péndulo simple recuerda el movimiento de Q del Panel 24. Q se mueve a lo largo de una trayectoria ..... El péndulo simple se mueve a lo largo de una trayectoria .....

[rectilínea; curva]

5. Panel 25. Parte de la oscilación del péndulo es sobre el arco *s*. Si éste fuera realmente un M.A.S., el péndulo se movería a lo largo de la media cuerda .... (*una letra*).

[*d*]

6. Estrictamente hablando, el movimiento de un péndulo simple (es/no es) movimiento armónico simple.

[no es]

7. Panel 25. Considere lo que sucede si el arco *s* es pequeño en comparación con la longitud *l*. En ese caso, la diferencia entre *s* y *d* es (grande/pequeña).

[pequeña]

8. Panel 25. Estipulado que *s* sea muy pequeño comparado con *l*, el movimiento de *m* a lo largo del arco *PZ* es muy semejante al movimiento .... a lo largo de la recta *PZ*.

[armónico simple]

9. Panel 25. *d* representaría el desplazamiento ..... si *m* se estuviera moviendo con M.A.S. a lo largo de *PZ*.

[máximo]

10. Panel 25. *d* representaría la ..... del M.A.S. a lo largo de la recta *PZ*. El arco *s* representa el desplazamiento ..... del péndulo simple, a lo largo del arco *PZ*.

[amplitud; máximo]

11. Panel 25. Podemos considerar al arco *s* como representando la .... del péndulo simple.

[amplitud]

12. Panel 25. La fuerza que actúa sobre *m* en *P* es su peso.
$\vec{F}_p = m$ ....

[$\vec{g}$]

13. Panel 25.
$\vec{F}_p = m\vec{g}$, donde $\vec{g}$ es la ..... de la gravedad

[aceleración]

14. Panel 25. Pero m no se mueve bajo la influencia de su peso. El diagrama indica que se mueve en la dirección de $\vec{F}_s$. $\vec{F}_s$ es la .... de F_p a lo largo del arco s.

[componente rectangular]

15. Panel 25. $\vec{F}_s$ es aquella parte de $\vec{F}_p$ que tiende a ..... a m a su posición de equilibrio.

[restituir]

16. Panel 25. Por lo tanto, $\vec{F}_s$ es una fuerza restauradora. Al alejarse m de su posición de equilibrio, $\vec{F}_s$ (aumenta/disminuye). Esto hace que sea una fuerza de restitución .....

[aumenta; elástica]

17. Panel 25. Podemos probar que los triángulos I y II son semejantes. F_s y $\vec{F}_p$ del triángulo II corresponden a los lados d y l de I.

$$\frac{\vec{F}_s}{\vec{F}_p} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

[$\frac{d}{l}$]

18. Panel 25. $\frac{\vec{F}_s}{\vec{F}_p} = \frac{d}{l}$

Despejando $\vec{F}_s$. $\vec{F}_s =$ .....

[$F_p \frac{d}{l}$]

19. Panel 25.

$\vec{F}_s = \vec{F}_p \frac{d}{l}$

$\vec{F}_s = m\vec{g}$

$\vec{F}_s =$ .....

[$m\vec{g} \frac{d}{l}$]

20. Panel 25. $\vec{F}_s = mg\frac{\vec{d}}{l}$

Para un péndulo simple d es casi igual a .... en magnitud. La dirección de $\vec{s}$ es ..... a la de $\vec{F}_s$.

[s; opuesta]

21. Panel 25. $\vec{F}_s = mg\frac{d}{l}$ se convierte en $\vec{F}_s = -mg\frac{\vec{s}}{l}$. El signo menos indica que .... y .... tienen direcciones opuestas.

[*En cualquier orden:* $\vec{F}_s$, $\vec{s}$]

22. Panel 25. $\vec{F}_s = -mg\frac{\vec{s}}{l}$

$\vec{F}_s$ es una fuerza de restitución elástica, lo que significa que es .... al desplazamiento $\vec{s}$. O bien, usando símbolos, $\vec{F}_s$, $\vec{s}$ y k, $\vec{F}_s$ = ...

[directamente proporcional; $-k\vec{s}$]

23. Panel 25.

$\vec{F}_s = -k\vec{s}$

$\vec{F}_s = -mg\frac{\vec{s}}{l}$

$-k\vec{s} =$ .....

[$-mg\frac{\vec{s}}{l}$]

24. Panel 25. Despeje k en la ecuación anterior: k = ...

[$m\frac{\vec{g}}{l}$]

25. Panel 25. $k = \frac{mg}{l}$ (de ahora en adelante usaremos la notación escalar). Multiplicando ambos miembros por l y dividiendo ambos miembros entre (mgk): $\frac{m}{k}$ = ...

[$\frac{l}{g}$]

26. Panel 25. Para el M.A.S.: $T = 2\pi\sqrt{\ldots\ldots}$

[m/k]

27. Panel 25. Para cualquier M.A.S.: $T = 2\pi\sqrt{m/k}$. Para el péndulo simple, cuando .... es pequeño comparado con ...., $\frac{m}{k} =$ ....

[s; l; $\frac{}{g}$]

28. Panel 25. Para cualquier M.A.S.: $T = 2\pi\sqrt{m/k}$. Si $\frac{m}{k} = \frac{l}{g}$, entonces, para un péndulo simple: $T = 2\pi\sqrt{\ldots\ldots}$

[l/g]

29. Panel 25. Podemos tratar el movimiento de un péndulo simple como una forma de ..... si s es pequeño comparado con l. En ese caso, el período del péndulo se encuentra con la ecuación .....

[M.A.S.; $T = 2\pi\sqrt{l/g}$]

30. Panel 25. Cuando el arco s tiene su valor máximo (= OP en este diagrama), representa la a..... del movimiento del péndulo simple.

[amplitud]

31. Panel 25. $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ es una ecuación válida para el ..... de un péndulo simple, si la amplitud del movimiento es pequeña comparada con la ..... del péndulo.

[período; longitud]

32. Al agrandarse s, la validez de $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ se hace (mayor/menor).

[menor]

33. Encontramos que el período del M.A.S. (depende de/es independiente de) su amplitud. Esto es cierto en el movimiento del péndulo simple, solamente cuando .....
..... (*Complete esta oración.*)

[es independiente de; la amplitud es pequeña comparada con la longitud del péndulo]

Sección 11. Problemas de movimiento armónico simple

1. Véase el Panel 26. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[K]

2. Panel 26. Lea el problema 1. Dentro de los límites elásticos de un resorte: $F = \ldots.$, donde k es una constante llamada constante de .....

[kx; fuerza]

3. Panel 26, problema 1. La fuerza de estiramiento es el ..... de la masa de 4 kg.

[peso]

4. Panel 26, problema 1. El peso de un objeto está relacionado con su masa en la ecuación: $F_p = \ldots.$

[mg]

5. Panel 26, problema 1. La fuerza aplicada al resorte es de ..... newtons.

[4 kg $\times$ 9.8 newtons/kg = 39.2 newtons]

6. Panel 26, problema 1.
   $F = kx$
   $F =$ **39.2** newtons
   $x =$ **0.16** m
   $k =$ ..... newtons/m

[$F = kx$
39.2 newtons $= (k)\,(0.16\ \text{m})$
$k = \dfrac{39.2}{0.16}\text{newtons/m} = 245\ \text{newtons/m}$]

7. Panel 26, problema 1. Lea la parte (b). Dados los datos de que se dispone, ¿cuál es la ecuación para el período del M.A.S.?

[$T = 2\pi\sqrt{m/k}$]

8. Panel 26, problema $1(b)$. Sustituya los valores dados y calcule el período del M.A.S.

[$T = 2\pi\sqrt{m/k}$
$T = 2(3.14)\sqrt{4/245}$
$T = 0.8$ s]

9. Panel 26. Lea el problema 2. En el M.A.S., la magnitud de la aceleración es máxima, cuando la magnitud de $\vec{x}$ es (máxima/mínima).

[máxima]

10. Panel 26, problema 2. En el M.A.S., el desplazamiento máximo se llama ..... del movimiento.

[amplitud]

11. Véase el Panel 24, Fig. (*a*). La aceleración de *Q* es máxima cuando *Q* está en el punto .... o en el punto ....

[A ó A_1]

12. Panel 24. Cuando tanto *P* como *Q* están en *A*, tienen (la misma/diferentes) aceleración(es).

[la misma]

13. Panel 24, Fig. (*a*). Puesto que *P* se está moviendo con velocidad constante en una trayectoria circular, tiene una aceleración .....

[centrípeta]

14. Panel 24. ¿Qué ecuación nos da la aceleración centrípeta, en función del período de revolución y del radio?

[$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$]

15. Panel 24. $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$

En términos del movimiento de *Q*, *R* es la ..... del M.A.S.

[amplitud]

16. Panel 26, problema 2(*a*). Hemos visto que en el M.A.S., la magnitud de la aceleración de una partícula es máxima cuando el desplazamiento iguala a la ..... En este punto, la aceleración de la partícula es igual a la aceleración ..... de la partícula (*P*), de la cual (*Q*) es la proyección.

[amplitud; centrípeta]

17. Panel 26, problema 2(*a*). $a_{máx}$ = ... donde *R* es la ..... del M.A.S., y *T* es el ..... del M.A.S.

[$\frac{4\pi^2 R}{T^2}$; amplitud; período]

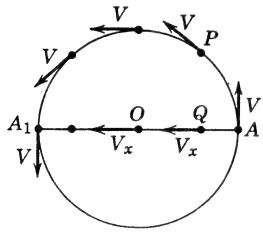
18. Panel 26, problema 2(*a*). Calcule la aceleración máxima.

$$[a_{\text{máx}} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$a_{\text{máx}} = \frac{4(3.14)^2(0.20\text{ m})}{(0.5\text{ seg})^2}$$

$$a_{\text{máx}} = 31\text{ m/seg}^2]$$

19.



Llamemos V_x a la rapidez de Q. V_x siempre es una componente de V, que es la rapidez de ....

Cuando tanto P como Q están en A, $V_x =$ ..... (*número*).

[P; 0, cero]

20. Refirámonos a la figura del cuadro 19. Cuando Q está en el centro de su trayectoria, $V_x =$ .... (*símbolo*).

[V]

21. Véase la figura del cuadro 19. La rapidez de un M.A.S., es máxima cuando está pasando por el ..... de su trayectoria.

[centro]

22. Vea la figura del cuadro 10. Cuando Q está pasando por el centro de su trayectoria, V_x y V son (iguales/desiguales).

[iguales]

23. Véase la figura del cuadro 19. P está moviéndose con velocidad constante, en una trayectoria circular. En función de R y T, $V =$ .....

$$[\frac{2\pi R}{T}]$$

24. Vea la figura del cuadro 19. $V_{\text{máx}} =$ .....

$$[\frac{2\pi R}{T}]$$

25. Panel 26, problema 2(*b*). $V_{máx} = \frac{2\pi R}{T}$ donde R es la ..... del M.A.S. y T es su .....

[amplitud; período]

26. Panel 26, problema 2(*b*). Calcule la rapidez máxima de la partícula.

[$V_{máx} = \frac{2\pi R}{T}$

$V_{máx} = \frac{2\pi(0.20\text{ m})}{0.5\text{ seg}}$

$V_{máx} = 2.5\text{ m/seg}$]

27. Vea la figura del cuadro 19. En los puntos A y A_1, $V_x =$ ....

[0]

28. La rapidez de una partícula que tiene M.A.S., es mínima en (el centro/los extremos) de su trayectoria.

[los extremos]

29. La aceleración de una partícula que está en M.A.S., es máxima cuando $\vec{x} =$ ....; es decir, cuando su desplazamiento es igual a su .....

[$\vec{R}$; amplitud]

30. La aceleración de una partícula en M.A.S., es máxima cuando el ..... de la partícula es máximo.

[desplazamiento]

31. En el centro de su trayectoria, la aceleración de una partícula en M.A.S., es ....., porque en ese punto $\vec{x} =$ .....

[cero; cero]

32. la aceleración de una partícula en M.A.S., es máxima en (los extremos/el centro) de su trayectoria.

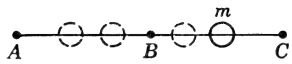
[los extremos]

33. La rapidez de una partícula en M.A.S., es máxima en (los extremos el centro) de su trayectoria.

[el centro]

34. La aceleración de una partícula en M.A.S. es máxima cuando su rapidez tiene en su valor (máximo/mínimo).

[mínimo]

35. 

m está en M.A.S., a lo largo de AC.
V_m es máxima en el(los) punto(s) .....
a_m es máxima en el(los) punto(s) .....
V_m es cero en el(los) punto(s) .....
a_m es cero en el(los) punto(s) .....

[B; A, C; A, C; B]

36. Panel 26. Lea el problema 3. En función de la amplitud (R) y el período (T) del M.A.S.,

$a_{\text{máx}} =$ .....

$V_{\text{máx}} =$ .....

[$\frac{4\pi^2 R}{T^2}$; $\frac{2\pi R}{T}$]

37. Panel 26, problema 3(a) y (b). Calcule la aceleración y la velocidad máximas.

[$a_{\text{máx}} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4(3.14)^2(0.01\text{ m})}{0.0001\text{ s}^2} = 3900\text{ m/s}^2$

$V_{\text{máx}} = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2(3.14)(0.01\text{ m})}{0.01\text{ s}} = 6.28\text{ m/s}$]

38. Panel 26. Lea el problema 4. En la sección 6 de este capítulo, deducimos nuestra ecuación para la aceleración, en función del desplazamiento, la masa y la constante de fuerza. La ecuación es: $\vec{a} =$ .....

[$-\frac{k}{m}\vec{x}$]

39. Panel 26, problema 4(a). $\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$.

El signo menos indica que .....
(*Complete esta oración.*)

[$\vec{a}$ y $\vec{x}$ tienen direcciones opuestas]

40. Panel 26, problema 4(*a*).

$\vec{a} =$ ..... (*magnitud y dirección*).

[$\vec{a} = -\dfrac{10^4 \text{ newton/m}}{0.09 \text{ kg}}$ (0.005 m **hacia abajo**)

$\vec{a} = 5.6 \times 10^2 \text{ m/s}^2$ **hacia arriba**]

41. Panel 26, problema 4(*b*). Resuelva esta parte (*b*).

[$\vec{a} = -\dfrac{k}{m}\vec{x}$

[$\vec{a} = -\dfrac{10^4 \text{ newtons/m}}{0.09 \text{ kg}}$ (0.004 m **hacia arriba**)

$a = 4.4 \times 10^2 \text{ m/s}^2$ **hacia abajo**]

42. Panel 26, problema 4(*c*). En el M.A.S., la aceleración es máxima cuando el desplazamiento iguala a la .....

[amplitud]

43. $\vec{a} = -\dfrac{k}{m}\vec{x}$.

En esta parte del problema, la magnitud de $\vec{x}$ es de ..... m.

[0.01]

44. Panel 26, problema 4(*c*). Calcule la magnitud de la aceleración máxima.

[$a = \dfrac{k}{m}x$ (omitimos el signo menos, porque el problema *no* incluye la dirección)

$a = \dfrac{10^4 \text{ newton/m}}{0.09 \text{ kg}}$ (0.01 m) $= 1.1 \times 10^3 \text{ m/s}^2$]

45. Panel 26. Lea el problema 5. La ecuación para el período del péndulo simple es .....

[$T = 2\pi\sqrt{l/g}$]

46. Panel 26, problema 5. ¿Qué parte(s) de los datos que se dan en este problema *no* son necesaria(s) para calcular el período de este péndulo?

[la masa de 80 kg y la amplitud de 10 cm]

47. Panel 26, problema 5. Calcule el período de este péndulo.

[$T = 2\pi\sqrt{l/g} = 2(3.14)\sqrt{30/9.8} = 10.9$ s]

PROBLEMAS

1. Un disco de hielo seco se mueve en un círculo con una rapidez de 2 metros por segundo. El radio es de 0.5 m. ¿Cuál es su aceleración centrípeta?

2. ¿Cuál es el período del disco de hielo del problema 1? Si el período es duplicado, ¿cuál es la rapidez, si el radio es el mismo?

3. Un peso de 6 newtons atado a una cuerda, se hace girar en un círculo de 3 m de radio. Si su aceleración centrípeta es de 3 m/s^2, ¿cuál es su rapidez?

4. ¿Cuál es la fuerza centrípeta que actúa sobre una masa de 10 kg que se mueve en un círculo de 2 metros de radio con una rapidez de 5 m/s?

5. Si la fuerza centrípeta que actúa sobre un objeto que se hace girar por medio de un brazo de acero, dentro de un círculo, es de 10 newtons, siendo la rapidez de 2 metros/s y la longitud del brazo es de 2 metros, ¿cuál es la masa del objeto?

6. Si la masa de un objeto en movimiento circular es de 0.1 kg, el radio de 0.5 metros y el período de 0.5 s, ¿cuál es la aceleración centrípeta?

7. Enuncie la primera Ley de Kepler del movimiento planetario. Demuestre cualitativamente cómo se aplica al movimiento de la Tierra.

8. Enuncie la segunda Ley de Kepler. Demuestre por medio de un diagrama cómo se aplica a un planeta. ¿En qué forma afecta esto a las velocidades orbitales de un planeta?

9. Enuncie la tercera Ley de Kepler del movimiento. Demuestre cómo se aplica a la Tierra o a cualquier otro planeta.

10. ¿Cuál es la aceleración centrípeta de la Tierra en su trayectoria alrededor del Sol, suponiendo que su órbita es circular y que la distancia de la Tierra al Sol es de 149×10^6 km? Dé su respuesta en $metros/s^2$. *Sugerencia:* Use la longitud de nuestro año, ajustándolo al día completo más cercano.

11. ¿Cuál es la fuerza centrípeta que actúa sobre un satélite de 1000 kg que está en órbita circular a 1200 km de la Tierra, con un período de 2 horas? El radio de la Tierra es de 6.4×10^6 metros.

12. El campo gravitacional en la superficie de la Luna es aproximadamente de $1.7 \frac{nt}{kg}$. Suponga que una nave exploradora no tripulada (sonda), cuyo peso en la superficie de la Tierra es de 1.96×10^4 newtons, toca la superficie de la Luna (aluniza). Calcule: *a)* su masa en la Tierra, *b)* su masa en la Luna, *c)* su peso en la superficie de la Luna, *d)*

calcule la fuerza total que se requiere para acelerar la sonda 3 m/s^2 en la Luna.

13. Si la "constante universal de gravitación" es 6.67×10^{-11} newton-$metro^2/kg^2$, y la masa de la Tierra es 5.99×10^{24} kg, ¿cuál es la fuerza de atracción entre la Tierra y un satélite de 2000 kg que está en órbita a 1000 km de la Tierra? Use el radio de la Tierra que se dio en el problema 11.

14. ¿Cuál es la fuerza de atracción entre la Tierra y el Sol? Además de la información dada en los problemas anteriores, la masa del Sol es 3.3×10^5 veces más grande que la de la Tierra.

15. ¿A qué altura sobre la Tierra pesará un objeto la cuarta parte de lo que pesa en la superficie de la misma?

16. ¿Cuál es el período de un objeto que pesa 10 kg en movimiento armónico simple, que está unido a un resorte, si la constante del resorte es 100 newton/m?

17. ¿Cuál es el valor de la aceleración de la gravedad, cuando un péndulo simple de 1.25 m de longitud vibra 100 veces en 225 s?

18. Un péndulo vibra dos veces por segundo. ¿Cuál es su período y cuál su frecuencia?

19. Calcule la longitud de un péndulo cuyo período es 0.25 s, cuando $g = 9.8$ m/s^2.

20. Determine el valor de la aceleración de la gravedad en un lugar en el que un péndulo de 1 metro de longitud vibra con un período de 1 s. ¿Cuántas veces más grande, o más pequeño, es este valor, comparado con el valor de g en la Tierra?

21. Si el valor de g en la Luna es aproximadamente la sexta parte del valor que g tiene en la Tierra, ¿cuál es la longitud de un péndulo de 1 s, en la Luna?

22. Una masa que pesa 2 kg está en movimiento armónico simple con una amplitud de 22.85 cm y un período de 3 s. Calcule su frecuencia.

CAPITULO 6

IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Sección 1. Impulso: Definición, unidades, naturaleza vectorial

1. Hemos estado escribiendo la segunda Ley de Newton del movimiento en la forma: $\vec{F} = m\vec{a}$. Sin embargo, $\vec{a} =$ ....., y, por lo tanto, podemos escribir $\vec{F} =$ .....

$[\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}; m\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}]$

2. Expresada en esta forma, la segunda Ley de Newton nos dice que una fuerza total mayor que cero produce un ..... en la ..... de una masa, que depende de la longitud del intervalo de ..... durante el cual se aplique dicha fuerza.

[cambio; velocidad; tiempo]

3. Suponga que se le pide que lance a la misma rapidez una pelota de béisbol y un peso de 6 kg. La fuerza que usted tenga que aplicar al peso será (mayor/menor) que la que tenga que aplicar a la pelota.

[mayor]

4. Suponga que usted aplica la misma fuerza total a dos masas diferentes, una de 5 kg y otra de 100 kg, durante el mismo intervalo de tiempo. ¿En cuál de las dos habrá un cambio mayor de velocidad?

[en la masa de 5 kg]

5. La experiencia nos dice que una misma fuerza total cambia la velocidad de una masa de 6 kg (más aprisa/más despacio) que la de una masa de 60 kg.

[más aprisa]

6. Tenemos dos masas en reposo: una de 10 kg y la otra de 1000 kg. Podemos imprimirles la misma velocidad con la misma fuerza total, si a la masa de 1000 kg le aplicamos la fuerza durante (más/menos) tiempo que a la masa de 10 kg.

[más]

7. Para darle a una masa de 10 kg, que está en reposo, la misma velocidad final que hemos dado a una masa de 1 kg, que también estaba originalmente en reposo, debemos 1) aplicar una ..... mayor durante el mismo intervalo de tiempo, ó 2) aplicar una fuerza igual, durante .... (*Complete esta oración.*)

[fuerza total; un intervalo de tiempo mayor]

8. El cambio producido en la velocidad de una masa dada, depende de cada uno de los factores siguientes: .....
.....

[la magnitud de la fuerza total y la longitud del tiempo durante el cual se aplica una fuerza]

9. Sean $\vec{F}$ una fuerza total mayor que cero, y Δt la longitud de tiempo durante el cual se aplica $\vec{F}$. El producto $\vec{F}\,\Delta t$ representa en medida razonable la *efectividad* de $\vec{F}$ para producir un ..... en la ..... de una masa dada.

[cambio (en la) velocidad]

10. El producto $\vec{F}\,\Delta t$ lo definimos como *impulso* de la fuerza total $\vec{F}$. Impulso de una fuerza representa una medida razonable de su ..... para producir un cambio de velocidad.

[efectividad]

11. Se aplica una fuerza total de 6 newtons hacia arriba durante 10 seg. El ..... de esta fuerza es de 60 *newton-s* hacia arriba.

[impulso]

12. Se aplica una fuerza total de 16 newtons al Oeste durante 0.2 seg. El impulso de esta fuerza es de ..... (*cantidad, unidades y dirección*).

[3.2 newton-s al Oeste]

13. Definimos al impulso como el producto .....
..... (*en palabras*), o sea ..... (*en símbolos*).

[de la fuerza total por el tiempo durante el cual se aplica dicha fuerza; $\vec{F}\Delta t$]

14. El impulso de $\vec{F}$ es una medida de la ..... de $\vec{F}$ para producir un ....

[efectividad; cambio de velocidad]

15. Aplicamos una fuerza total de 100 newtons hacia el Sureste, durante 5 s, a una masa dada. El impulso de esta fuerza es de .... (*cantidad, unidades, etc.*).

[500 newton-s hacia el Sureste]

16. Cuando una fuerza total se mide en newtons y el tiempo en segundos, el impulso se mide en .....

[newton-s]

17. Impulso $= \vec{F}\,\Delta t$.

La fuerza (es/no es) una cantidad vectorial.
El tiempo (es/no es) una cantidad vectorial.
El impulso (es/no es) una cantidad vectorial.

[es; no es; es]

18. En el capítulo 3 definimos un newton como la ..... necesaria para dar a una masa de 1 ..... una aceleración de 1 .....

[fuerza; kilogramo; metro/s^2]

19. 1 newton = 1 .....

[kg $\times$ m/s^2]

20. 1 newton-s = 1(kg $\times$ m/s^2) $\times$ s. Simplificando:

1 newton-s = ...

[1 kg $\times$ m/s]

21. La unidad "newton-segundo" es equivalente a la unidad "..... ....." Ambas pueden usarse para medir la cantidad física que llamamos .....

[kg $\times$ m/s; impulso]

22. En el sistema MKS, las unidades básicas del impulso son el .....

y el .....

[*En cualquier orden:* newton-s; kg $\times$ m/s]

23. El impulso de $\vec{F}$ es $\vec{F}\,\Delta t$. Una fuerza total y su impulso tienen (la misma dirección/direcciones diferentes). Un impulso y su fuerza se miden en (la misma/diferentes) unidad(es).

[la misma dirección; diferentes]

24. Se aplica durante 4 seg una fuerza total de 160 newtons al Oeste. El impulso de esta fuerza es de ..... o bien .... (*Use unidades equivalentes.*)

[640 newton-s al Oeste, o bien 640 kg × m/s al Oeste]

25. Repaso. La efectividad de una fuerza total dada, para producir un cambio de velocidad, depende de ....

[durante cuánto tiempo se aplique dicha fuerza]

26. Repaso. Definimos el producto ..... como el impulso de una fuerza $\vec{F}$, y lo usamos como una medida de la ..... de $\vec{F}$ para producir un .....

[$\vec{F}\,\Delta t$; efectividad; cambio de velocidad]

27. Repaso. El impulso es una cantidad ..... Tiene (la misma dirección/dirección opuesta) de la fuerza aplicada. Se mide en (la misma/diferentes) unidad(es).

[vectorial; la misma dirección; diferentes]

28. Repaso. Cuando una fuerza total se mide en newtons y se aplica durante un tiempo medido en segundos, el *impulso* se mide en ..... o en .....

[newton-s, o en kg × m/s]

29. Una fuerza total medida en dinas se aplica durante un intervalo de tiempo medido en segundos. Entonces, el *impulso* se medirá en .....

[dina-s]

30. Una fuerza total en newtons es aplicada durante un tiempo medido en horas. El *impulso*, por lo tanto, se medirá en .....

[newtons-horas]

31. Se aplica durante 25 seg una fuerza de 0.02 newtons 30° al Noreste. Calcule su *impulso*.

[$\vec{F}\,\Delta t$ = (0.02 newtons 30° al Noreste) (25 seg)
$\vec{F}\,\Delta t$ = 0.5 newton-s 30° al Noreste, o:
0.5 kg × m/s Norte 30° al Noreste]

Sección 2. Cantidad de movimiento: Definición, unidades, naturaleza vectorial

1. ¿Cuál es más fácil de detener, si ambas ruedan por una pendiente a una velocidad de 10 cm/s. (*a*) Una piedrita de 5 gramos, o (*b*) Una roca de 1000 kg?

[(*a*)]

2. ¿Cuál es más difícil de detener: (*a*) Un gatito caminando a 1 m/s, o (*b*) un elefante pequeño caminando a 1 m/seg?

[(*b*)]

3. Dos masas, una de 10 kg y la otra de 15 kg, se mueven a la misma velocidad. ¿Cuál es más fácil de detener?

[la masa de 10 kg]

4. Dadas dos masas que se mueven a la misma velocidad, es más fácil cambiar la velocidad de la masa más (grande/chica).

[chica]

5. Suponga que dos masas de 5 kg vienen acercándose a usted, una a 1 cm/s y la otra a 100 m/s. ¿Cuál es más fácil de detener?

[la que se mueve a 1 cm/s]

6. Una masa de 5 kg se mueve a 30 m/s; otra masa de 5 kg se mueve a 40 m/s. ¿Cuál es más difícil de detener?

[la que se mueve a 40 m/s]

7. La experiencia indica que la facilidad o dificultad que encontramos para retardar o detener un objeto en movimiento, depende de dos factores: (1) la ..... del objeto y (2) la ..... a que se mueve.

[masa; velocidad (o rapidez)]

8. Dada una masa m moviéndose a una velocidad $\vec{V}$, definimos al producto $m\vec{V}$ como la *cantidad de movimiento* del objeto. Sean $m = 5$ kg y $\vec{V} = 2$ m/s al Oeste. La *cantidad de movimiento* de m es de .... kg $\times$ m/s al Oeste.

[10]

9. Usaremos la letra $\vec{p}$ para representar la cantidad de movimiento. La cantidad de movimiento se define como el producto de la ..... de un objeto por su ..... O bien, $\vec{p} =$ .....

[masa; velocidad; $m\vec{V}$]

10. Una masa de 10 kg se mueve a una velocidad de 6 m/s hacia arriba. Su cantidad de movimiento será: $\vec{p}$ = ... (*cantidad, unidades, dirección*).

[$\vec{p}$ = 10 kg × 6 m/seg hacia arriba
$\vec{p}$ = 60 kg × m/seg hacia arriba (Observe las unidades)]

11. Una masa de 0.2 kg se mueve a una velocidad de 16 m/s hacia el Sur. $\vec{p}$ = ...

[3.2 kg × m/s hacia el Sur]

12. Una masa de 0.5 kg se mueve hacia el Noreste a 100 m/seg. $\vec{p}$ = ...

[50 kg × m/s al Noreste]

13. La velocidad (es/no es) una cantidad vectorial.
La masa (es/no es) una cantidad vectorial.
La cantidad de movimiento (es/no es) una cantidad vectorial.
El impulso (es/no es) una cantidad vectorial.

[es; no es; es; es]

14. Las unidades que hemos estado usando para medir la cantidad de movimiento son .....

[kg × m/s]

15. El kg × m/s es la unidad básica de la .... en el sistema .....

[cantidad de movimiento; MKS]

16. Las unidades que usamos para medir el impulso fueron el newton-s, o el .....

[kg × m/s]

17. Si medimos la masa de un objeto en movimiento en gramos y su velocidad en cm/s, su cantidad de movimiento la mediremos en ..... (*unidades*).

[g × cm/s]

Sección 3. Impulso y cantidad de movimiento: $\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{V}$

Fuerza y cantidad de movimiento: $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$

1. El impulso se define como el producto .....
   La cantidad de movimiento se define como el producto .....
   Son (el mismo/diferentes) concepto(s) físico(s).
   (Pueden/no pueden) medirse en las mismas unidades.

[$\vec{F}\,\Delta t$; $m\Delta\vec{V}$; diferentes; pueden]

2. El hecho de que el impulso y la cantidad de movimiento se puedan medir en las mismas unidades, nos sugiere que pueden relacionarse matemática y físicamente.

$$\vec{F} = m\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$$

Multiplicando ambos miembros por Δt, tenemos que ..... = ...

[$\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{V}$]

3. $\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{V}$.
   El producto izquierdo de esta ecuación se llama .....

[impulso]

4. $\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{V}$.
   $\Delta\vec{V}$ representa el ..... de ..... producido por el impulso $\vec{F}\,\Delta t$.

[cambio de velocidad]

5. Sea $\vec{V}_1$ la velocidad de m, *antes* de aplicar $\vec{F}$, y $\vec{V}_2$ la velocidad de m después de haberle aplicado $\vec{F}$ durante un tiempo Δt. En el tiempo Δt, $\Delta\vec{V}$ = ... − .....

[$\vec{V}_2 - \vec{V}_1$]

6. $\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{V}$
   $\Delta\vec{V} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$
   $\vec{F}\,\Delta t = m(.....)$

[$\vec{V}_2 - \vec{V}_1$]

7. $\vec{F}\,\Delta t = m(\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$.

Multiplicando el paréntesis por m:

$\vec{F}\,\Delta t =$ ..... $-$ .....

[$m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$]

8. $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

$m\vec{V}_2$ representa la .... de m, a la velocidad $\vec{V}_2$.

[cantidad de movimiento]

9. $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

El miembro derecho de esta ecuación es el cambio que ocurre en la .... de m durante ...., bajo la influencia de $\vec{F}$.

[cantidad de movimiento; Δt]

10. $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

$\vec{p}_1 = m\vec{V}_1$

$\vec{p}_2 =$ .....

[$m\vec{V}_2$]

11. $\vec{F}\,\Delta t = \vec{p}_2 -$ .....

[$\vec{p}_1$]

12. Hemos demostrado que ..... $= \vec{p}_2 - \vec{p}_1$, o sea, que el ..... de una fuerza $\vec{F}$ es igual al *cambio* de .... producido por $\vec{F}$.

[$\vec{F}\,\Delta t$; impulso; cantidad de movimiento]

13. Sea $\Delta\vec{p}$ el cambio de cantidad de movimiento, cuando m cambia su velocidad de $\vec{V}_1$ a $\vec{V}_2$. Entonces, $\vec{F}\,\Delta t =$ .....

[$\Delta\vec{p}$]

14. $\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$

Interpretada físicamente, esta ecuación nos dice que una fuerza aplicada durante un tiempo Δt, produce un ..... en la .... igual a $\Delta\vec{p}$.

[cambio; cantidad de movimiento]

15. Ahora vemos por qué el impulso y la cantidad de movimiento pueden medirse en las mismas unidades. El ..... de una fuerza es igual al ..... de .... que esta fuerza produce durante un intervalo de tiempo dado.

[impulso; cambio; cantidad de movimiento]

16. Podemos medir la cantidad de movimiento de un objeto, si conocemos su ..... y su .....

[*En cualquier orden:* masa, velocidad]

17. $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

Supóngase que se aplica $\vec{F}$ para poner en estado de reposo a m.

Después de Δt, $\vec{V}_2 =$ ..... (*número*).

[cero, 0]

18. $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

Si $\vec{V}_2 = 0$, entonces $\vec{F}\,\Delta t = -$ .....

El signo menos indica que el impulso y la cantidad de movimiento tienen en este caso .....s .....s.

[$m\vec{V}_1$; direcciones opuestas]

19. $\vec{F}\,\Delta t = - m\vec{V}_1$, cuando $\vec{V}_2 =$ .....

[cero, 0]

20. Calcule la cantidad de movimiento de una masa que requiere un impulso de 50 kg $\times$ m/s hacia el Oeste para ponerla en estado de reposo.

$\vec{F}\,\Delta t = - m\vec{V}_1$

50 kg $\times$ m/s hacia el Oeste $= - m\vec{V}_1$

$m\vec{V} =$ 50 kg $\times$ m/s ..... (*dirección*)

[hacia el Este]

21. Si una fuerza total de 15 newtons hacia el Norte aplicada durante 5 s es suficiente para poner en estado de reposo a una masa dada, calcule la cantidad de movimiento de esta masa.

Impulso = ... kg $\times$ m/s hacia .....

$m\vec{V}_1 =$ ..... kg $\times$ m/s hacia .....

[Impulso $= \vec{F}\,\Delta t =$ 15 newtons hacia el Norte $\times$ 5 seg = 75 kg $\times$ m/seg al Norte

$\vec{F}\,\Delta t = - m\vec{V}_1$

75 kg $\times$ m/s hacia el Norte $= - m\vec{V}_1$

$m\vec{V}_1 =$ 75 kg $\times$ m/s hacia el Sur]

22. $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

Supongamos que $\vec{F}$ es aplicada a m, inicialmente en reposo. Entonces $(\vec{V}_1$ ó $\vec{V}_2) = 0$.

$[\vec{V}_1]$

23. Suponga que $\vec{V}_1 = 0$. El impulso requerido para llevar a m a la velocidad $\vec{V}_2$, es $\vec{F}\,\Delta t =$ .....

$[\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$
$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m(0)$
$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2]$

24. Si $\vec{V}_1 = 0$, entonces $\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2$. En este caso, el impulso y la cantidad de movimiento tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[la misma dirección]

25. Cuando se aplica un impulso para detener a una masa en movimiento, el impulso y la cantidad de movimiento original de la masa son (iguales/desiguales) en magnitud, y tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[iguales; direcciones opuestas]

26. Cuando se aplica un impulso a una masa originalmente en reposo para darle una determinada velocidad, entonces el impulso y la cantidad de movimiento final son (iguales/desiguales), y tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[iguales; la misma dirección]

27. Se aplica a un objeto una fuerza total de 15 newtons hacia el Oeste durante 2 s, para cambiar su estado de reposo a una velocidad uniforme $\vec{V}$. Calcule la cantidad de movimiento del objeto después de los 2 s.

$[\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V} - m(0)$
$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}$
(15 newtons hacia el Oeste) (2 seg) $= m\vec{V}$
$m\vec{V} = 30$ kg $\times$ m/s hacia el Oeste]

28. Se requiere una fuerza de 5 newtons hacia abajo aplicada durante 6 s, para detener a un objeto en movimiento. Calcule la magnitud y la

dirección de la cantidad de movimiento del objeto antes de haber aplicado la fuerza.

[$\vec{F}\,\Delta t = m(0) - m\vec{V}$

(25 newtons hacia abajo) (6 seg) $= -m\vec{V}$

$m\vec{V} = 150$ kg $\times$ m/s hacia arriba]

29. Un objeto de masa desconocida es puesto en movimiento a partir del reposo, mediante una fuerza total de 2 newtons hacia el Noreste, durante 9 s. Calcule la cantidad de movimiento del objeto en el momento que cesa la fuerza.

[$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m(0)$

(2 newtons hacia el Noreste) (9 seg) $= m\vec{V}_2$

$m\vec{V}_2 = 18$ kg $\times$ m/s hacia el Noreste]

30. En general, si una masa m está inicialmente moviéndose a una velocidad $\vec{V}_1$, y se encuentra que se mueve a una velocidad $\vec{V}_2$ después de que se le ha aplicado una fuerza total $\vec{F}$ durante Δt s: $\vec{F}\,\Delta t =$ .....

[$m(\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$ o bien $m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$]

31. Una masa de 5 kg se mueve hacia el Oeste a 2 m/s cuando se le aplica una fuerza de 1 newton hacia el Este durante 2 s, para retardarla. Suponga que estamos interesados en su velocidad después de 2 s.

$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

En este problema: $\vec{F} =$ ....., $\Delta t =$ ....., $m =$ ....., $\vec{V}_1 =$ ....., $\vec{V}_2 =$ ..... (Escriba *incógnita* en las cantidades que no están dadas.)

[1 newton hacia el Este; 2 s; 5 kg; 2 m/s hacia el Oeste; incógnita]

32. Vea el problema del cuadro 31. Consideremos como positivas las cantidades vectoriales dirigidas hacia el Este.

$\vec{V}_1 =$ ..... (*signo y magnitud*)

$\vec{F} =$ ..... (*signo y magnitud*)

[$-$ 2 m/s; + 1 newton]

33. Vea el problema del cuadro 31.

$\vec{V}_2 =$ ..... (*magnitud y dirección*)

Desarrolle y use los signos como hemos convenido, para convertir el signo de la respuesta en dirección.

[$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

(1 newton) (2 s) = (5 kg) $\vec{V}_2$ − (5 kg) (− 2 m/s)

2 kg × m/s = (5 kg) $\vec{V}_2$ + 10 kg × m/s

(5 kg) $\vec{V}_2$ = − 8 kg × m/s

$\vec{V}_2$ = − 8/5 m/s = **1.6 m/s hacia el Oeste**]

34. El impulso equivale al ..... que produce en la .... de un objeto.

[cambio; cantidad de movimiento]

35. Sea $\Delta\vec{p}$ el cambio de cantidad de movimiento. Entonces, si se aplica a un objeto una fuerza total $\vec{F}$ durante Δt s, podemos escribir la ecuación: ..... = ...

[$\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$]

36. Un objeto se mueve originalmente hacia el Oeste. Se le aplica una fuerza de 10 newtons hacia el Oeste durante 16 seg. Calcule el cambio que se opera en su cantidad de movimiento.

[$\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$

$\Delta\vec{p}$ = (10 newtons hacia el Oeste) (16 seg)

$\Delta\vec{p}$ = 160 kg × m/s hacia el Oeste]

37. Una masa de 10 kg se mueve hacia el Suroeste a una velocidad de 5 m/seg. Se le aplica una fuerza total de 12 newtons en la misma dirección, durante 3 seg. Calcule su velocidad después de 3 seg.

[$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

(12 newtons al Suroeste) (3 seg) = 10$\vec{V}_2$ − (10 kg) (5 m/seg al Suroeste)

36 kg × m/s hacia el Suroeste = 10$\vec{V}_2$ − 50 kg × m/s hacia el Suroeste

10$\vec{V}_2$ = 36 kg × m/s hacia el Suroeste + 50 kg × m/s hacia el Suroeste

$\vec{V}_2$ = 86/10 m/s hacia el Suroeste = 8.6 m/s hacia el Suroeste]

38. Una masa de 7 kg se mueve hacia arriba a una velocidad de 4 m/s. ¿Qué impulso se requiere para darle una velocidad de 10 m/s hacia arriba?

[$\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p} = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

$\vec{F}\,\Delta t$ = (7 kg) (10 m/s hacia arriba) − (7 kg) (4 m/s hacia arriba)

$\vec{F}\,\Delta t$ = 70 kg × m/s hacia arriba − 28 kg × m/s hacia arriba

$\vec{F}\,\Delta t$ = **42 kg × m/s hacia arriba, ó 42 newton-s hacia arriba**]

39. Una masa de 7 kg se mueve a una velocidad de 10 m/s hacia arriba. Suponga que queremos cambiar su velocidad a 6 m/s hacia arriba. Esto requiere un ..... cuya dirección sea (la misma/opuesta a la) que tiene la cantidad de movimiento original.

[impulso; opuesta a la]

40. Calculando el impulso requerido:

$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

$\vec{F}\,\Delta t =$ (7 kg) (6 m/s hacia arriba) − (7 kg) (10 m/s hacia arriba)

$\vec{F}\,\Delta t =$ 42 kg × m/s hacia arriba − 70 kg × m/s hacia arriba

$\vec{F}\,\Delta t =$ − 28 kg × m/s hacia arriba, o:

$\vec{F}\,\Delta t =$ ..... (*Dé usted un resultado que no sea negativo.*)

[28 kg × m/s **hacia abajo**]

41. Una masa de 5 kg se mueve hacia el Sureste a una velocidad de 100 m/s. ¿Qué impulso se requiere para reducir su velocidad a 75 m/s al Sureste?

[$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$

$\vec{F}\,\Delta t =$ (5 kg) (75 m/s al Sureste) − (5 kg) (100 m/s al Sureste)

$\vec{F}\,\Delta t =$ 375 kg × m/s al Sureste − 500 kg × m/s al Sureste

$\vec{F}\,\Delta t =$ −125 kg × m/seg hacia el Sureste

$\vec{F}\,\Delta t =$ **125 kg × m/s hacia el Noroeste**]

42. Una masa de 100 kg se mueve a una velocidad de 12 m/s hacia el Norte. Su cantidad de movimiento es de .....
El impulso requerido para detenerla es de .....

[1200 kg × m/s hacia el Norte; 1200 kg × m/s hacia el Sur]

43. Una masa de 100 kg está en reposo. ¿Qué impulso se requiere para darle una velocidad de 5 m/s hacia el Noroeste?

[500 kg × m/s hacia el Noroeste]

44. La cantidad de movimiento de un objeto en reposo es de ..... La cantidad de movimiento de un objeto que no está en reposo es el .....
..... (*Complete esta oración.*)

[cero; producto de su masa por su velocidad]

45. Para representar la cantidad de movimiento empleamos la letra $\vec{p}$. En símbolos: $\vec{p} =$ .....

[$m\vec{V}$]

46. $\vec{p}$ es una cantidad ..... (Tiene/no tiene) la misma dirección de $\vec{V}$. Se mide en (las mismas/diferentes) unidades.

[vectorial; tiene; diferentes]

47. El impulso y la cantidad de movimiento quedan relacionados por la ecuación $\vec{F}\ \Delta t =$ .....

[$m\,\Delta\vec{V}$ ó $\Delta\vec{p}$]

48. Interpretadas físicamente, estas ecuaciones nos dicen que el impulso equivale al ..... de .... producido por $\vec{F}$ en el tiempo Δt.

[cambio; cantidad de movimiento]

49. $\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$

Dividiendo ambos miembros entre Δt: ..... = ...

[$\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$]

50. $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$

Esta es una expresión matemática del enunciado original de Newton para la segunda ley del movimiento. Nos dice que una fuerza total mayor que cero se mide según el cambio de .... que produce por unidad de .....

[cantidad de movimiento; tiempo]

51. $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ es otra formulación de la ..... ley de Newton del movimiento. Relaciona cualquier fuerza total mayor que cero con el ..... de ..... que produce durante un ..... de ..... dado.

[segunda; cambio (de) cantidad de movimiento; intervalo (de) tiempo]

52. ¿Cuál es la fuerza total necesaria para producir un cambio de cantidad de movimiento igual a 10 kg × m/s hacia el Oeste, en 2.5 s?

$$[\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{10 \text{ kg} \times \text{m/s al Oeste}}{2.5 \text{ s}} = \textbf{4 newtons hacia el Oeste}]$$

53. Una masa tiene una cantidad de movimiento $\vec{p}_1 = 10$ kg × m/s hacia el Oeste. Diez segundos después tiene una cantidad de movimiento $\vec{p}_2 = 2$ kg × m/s hacia el Este. Podemos escribir: $\vec{p}_2 = -2$ kg × m/s hacia el .....

[Oeste (el signo menos nos permite emplear la dirección opuesta)]

54. Refirámonos a los datos del marco 53.

$\Delta\vec{p} =$ ..... (use símbolos)

$\Delta\vec{p} =$ ..... kg × m/s al Oeste.

$[\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$

$\Delta\vec{p} = (-2 \text{ kg} \times \text{m/s hacia el Oeste}) - (10 \text{ kg} \times \text{m/s hacia el Oeste})$

$\Delta\vec{p} = -12 \text{ kg} \times \text{m/s hacia el Oeste}]$

55. Vea los datos del marco 53. ¿Qué fuerza total (magnitud y dirección se requiere para este cambio en la cantidad de movimiento?

$$[\vec{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{-12 \text{ kg} \times \text{m/s hacia el Oeste}}{10 \text{ s}}$$

$\vec{F} = -1.2$ newtons hacia el Oeste

$\vec{F} = \textbf{1.2 newtons hacia el Este}]$

56. Ahora tenemos tres expresiones matemáticas para la segunda ley de Newton del movimiento:

$\vec{F} =$ ..... en función de la aceleración;

$\vec{F} =$ ..... en función del cambio de velocidad;

$\vec{F} =$ ..... en función del cambio de cantidad de movimiento.

$$[\vec{ma}; m\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}; \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}]$$

Sección 4. Cambios en la cantidad de movimiento, cuando dos masas en reposo interaccionan

1. Siempre que dos o más masas producen entre ellas cambios en su estado de movimiento, se dice que interaccionan. Una interacción (produce/no produce) cambios en las cantidades de movimiento de las masas que intervienen. *Explique su respuesta.*

[produce (*Explicación:* Un cambio en el estado de movimiento es un cambio de velocidad. Puesto que la cantidad de movimiento de una masa depende de su velocidad, un cambio de velocidad significa un cambio de cantidad de movimiento)]

2. Cuando dos partículas chocan entre sí, ejercen fuerzas recíprocas. Un choque entre dos partículas es una forma de .....

[interaccionar]

3.

Los electrones rara vez chocan; se repelen a distancia, causando que alguno o ambos se desvíen de su trayectoria. ¿Es esto una interacción? (sí/no). *Explique su respuesta.*

[Sí; la fuerza repelente produce un cambio de velocidad (en la figura anterior, por lo menos en su dirección).]

4. En este curso ya explicamos los movimientos de los planetas en términos de la fuerza ..... ejercida sobre ellos por el Sol. Estos movimientos podemos describirlos como ..... con el Sol.

[gravitacional; interacciones]

5. Un objeto que está cerca de la superficie de la Tierra en estado de caída libre, (está/no está) interaccionando con la Tierra. *Explique su respuesta.*

[está (*Explicación:* Un objeto en estado de caída libre está acelerado. Este cambio de velocidad se debe a las fuerzas que la Tierra ejerce sobre él)]

6. Vea el Panel 27. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[F]

7. Panel 27. Examine la Fig. (*a*). El muchacho trae patines de ruedas y la caja está sobre ruedas bien lubricadas. Están sobre una superficie

horizontal bien pulida. En tal situación, las fuerzas debidas a la fricción son (grandes/pequeñas).

[pequeñas]

8. Panel 27. Examine la Fig. (*a*). Llamaremos *sistema* al conjunto del muchacho y la caja. La fuerza total externa sobre este sistema es la fricción entre él y el piso. Debido a la naturaleza de esta superficie, la fuerza total externa actuando sobre el sistema (es/no es) despreciable.

[es]

9. Una fuerza externa, como la fricción del panel 27, es una fuerza aplicada desde afuera del ..... bajo consideración.

[sistema]

10. Panel 27, Fig. (*a*). Un sistema al cual sólo está aplicada una fuerza total externa despreciable, se le llama *sistema aislado*. El sistema caja-muchacho de esta figura (es/no es) un sistema aislado.

[es]

11. Dos discos de hielo seco son puestos en movimiento sobre una superficie metálica horizontal. Puesto que la fuerza total *externa* sobre ellos es .....,.. podemos considerarlos en conjunto como un ....

[muy pequeña, despreciable, etc.; sistema aislado]

12. Se dice que dos o más objetos constituyen un sistema aislado si, en conjunto, están bajo la influencia de solamente una fuerza total ..... despreciable.

[externa]

13. Un sistema aislado permanece en tal condición mientras que la fuerza total *externa* aplicada a él sea despreciable. Suponga que dos objetos de un sistema aislado chocan violentamente entre sí. ¿Podemos decir que el sistema sigue siendo aislado? (sí/no). *Explique su respuesta.*

[Sí. (*Explicación:* Lo único que afecta el aislamiento del sistema es una fuerza total *externa*. Las fuerzas aplicadas entre sí por las masas del sistema, *no* son externas)]

14. Las masas de un sistema aislado (pueden/no pueden) interactuar sin que el sistema deje de ser aislado.

[pueden]

15. Panel 27. En la Fig. (*b*), el muchacho empuja la caja. Esto (es/no es) una interacción. ¿Permanece aislado el sistema caja-muchacho? (sí/no).

[es; sí]

16. Panel 27, Fig. (*b*). El muchacho empuja la caja. Como resultado, (el muchacho se mueve/la caja se mueve/ambos se mueven).

[ambos se mueven]

17. Panel 27, Fig. (*b*). El muchacho y la caja se mueven en (la misma dirección/direcciones opuestas).

[direcciones opuestas]

18. Panel 27, Fig. (*b*). La masa de la caja es (mayor/menor) que la masa del muchacho. La velocidad a que se mueve la caja después de la interacción es (mayor/menor) que la velocidad del muchacho.

[mayor; menor]

19. Panel 27, Figs. (*a*) y (*b*). La caja y el muchacho son dos masas de un .... El muchacho aplica una fuerza que produce un cambio en el estado de movimiento de ambos. A esto lo llamamos .... entre el muchacho y la caja.

[sistema aislado; interacción]

20. Panel 27, Fig. (*b*). Después de la interacción, el muchacho y la caja se apartan en (la misma dirección/direcciones opuestas). La masa (mayor/menor) es la que tiene menor velocidad.

[direcciones opuestas; mayor]

21. Panel 27, Fig. (*b*). Esta interacción podemos describirla en términos matemáticos, diciendo que el muchacho y la caja se apartan a velocidades (directamente/inversamente) proporcionales a sus masas.

[inversamente]

22. Panel 27, Fig. (*b*). Sean respectivamente m_1 y m_2 las masas de la caja y del muchacho. Sean también respectivamente V_1 y V_2 sus velocidades, *después* de la interacción. Entonces: $\frac{m_1}{m_2} =$ .....

[$\frac{V_2}{V_1}$]

23. La experimentación con sistemas *de dos cuerpos aislados,* tales como el mostrado en el Panel 27, indica que podemos generalizar, como sigue:

Siempre que dos masas en reposo en un sistema aislado interaccionan ambas se mueven en .....s .....s, con velocidades .... a sus masas.

[direcciones opuestas; inversamente proporcionales]

24. Panel 27, Fig. (*b*). Después que los dos cuerpos de este sistema han interaccionado,

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_2}{V_1} \text{ o bien, } m_1V_1 = ...$$

[m_2V_2]

25. Panel 27, Fig. (*b*). Cuando consideramos la naturaleza vectorial de las velocidades después de las interacciones, vemos que V_1 y V_2 tienen (la misma dirección/direcciones opuestas). Por lo tanto, $m_1\vec{V}_1 =$ .....

[direcciones opuestas; $-m_2\vec{V}_2$ (*no olvide el signo menos*)]

26. Panel 27. Los productos $m_1\vec{V}_1$ y $m_2\vec{V}_2$ representan las ..... de m_1 y m_2 después de la interacción.

[cantidades de movimiento]

27. Panel 27. Sustituyendo los datos proporcionados en esta figura:

$m_1\vec{V}_1 =$ ..... (*magnitud*) hacia la derecha
$m_2V_2 =$ ..... (*magnitud y dirección*).

[(75 kg) (0.16 m/s hacia la derecha) = 12 kg × m/s hacia la derecha; (40 kg) (0.30 m/s hacia la izquierda) = 12 kg × m/s hacia la izquierda]

28. Panel 27. Después de la interacción, las cantidades de movimiento de las masas son ..... en magnitud y (e) ..... en dirección.

[iguales; opuestas]

29. Una masa de 10 kg y otra masa desconocida están inicialmente en reposo y constituyen un sistema aislado. Las masas interaccionan y la de 10 kg se mueve con una velocidad de 0.40 m/s hacia el Este. Calcule magnitud y dirección de la cantidad de movimiento de la masa desconocida.

[$m_1\vec{V}_1 = -m_2\vec{V}_2$
$m_1\vec{V}_1 = -$ (10 kg) (0.40 m/s hacia el Este)
$m_1\vec{V}_1 = -$ 4.0 kg × m/s hacia el Este
$m_1\vec{V}_1 =$ 4.0 kg × m/s hacia el Oeste]

30. Refiérase a los datos proporcionados en el marco 29. Suponga que la masa desconocida es 2 kg. Calcule magnitud y dirección de su velocidad después de la interacción.

[$m_1\vec{V}_1 = -m_2\vec{V}_2$

$(2\text{ kg})\,\vec{V}_1 = -\,(10\text{ kg})\,(0.40\text{ m/s hacia el Este})$

$\vec{V}_1 = -\,\dfrac{(10\text{ kg})\,(0.40\text{ m/s hacia el Este})}{(2\text{ kg})}$

$\vec{V}_1 = -\,2.0\text{ m/s hacia el Este}$

$\vec{V}_1 = 2.0\text{ m/s hacia el Oeste}$]

31. Panel 27, Fig. (*a*).
La magnitud de la cantidad de movimiento de la caja es .....
La magnitud de la cantidad de movimiento del muchacho es .....

[cero; cero (puesto que ambos están en reposo, según la Fig. (*a*))]

32. Panel 27. El *cambio* de cantidad de movimiento de la caja, después de la interacción, es ..... (*magnitud, unidades y dirección*).
El *cambio* en la cantidad de movimiento del muchacho es .....
.....

[$\Delta p_1 = m_1V_1 - 0 = 12\text{ kg} \times \text{m/s a la derecha}$
$\Delta p_2 = m_2V_2 - 0 = 12\text{ kg} \times \text{m/s a la izquierda}$]

33. Panel 27. La interacción entre dos masas de un sistema aislado inicialmente en reposo resulta en un cambio de las cantidades de movimiento de las masas, ... en magnitud, y (e) ..... en dirección.

[igual; opuesto]

34. Panel 27. Como resultado de la interacción.

$$\Delta\vec{p}_1 = \text{.....} \quad (\textit{en función de } p_2)$$

[$-\Delta\vec{p}_2$]

35. Panel 27, Fig. (*b*).
$\Delta\vec{p}_1 = -\Delta\vec{p}_2$, o bien $\Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 =$ .....

[cero, 0]

36. Dos masas inicialmente en reposo en un sistema aislado interaccionan. La suma vectorial de los cambios en sus cantidades de movimiento, es .....

[cero]

37. Sea $\Delta\vec{P}$ la suma de los cambios en las cantidades de movimiento, cuando interaccionan dos masas en reposo en un sistema aislado:

..... = 0

[$\Delta\vec{P}$]

38. Hemos demostrado que $\Delta\vec{P} = 0$ en un sistema ..... de ..... cuerpos inicialmente en estado de .....

[aislado; dos; reposo]

Sección 5. Cambios en la cantidad de movimiento, cuando interaccionan dos masas iguales en un choque frontal: una en reposo y la otra en movimiento

1. Veamos el Panel 28. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[T]

2. Panel 28. Lea el párrafo descriptivo. En las ilustraciones (1), (2), (3) y (4), la pelota de la derecha (está/no está) en movimiento, mientras que la pelota de la izquierda (sí/no) está en movimiento.

[no está; sí]

3. Panel 28. Podemos suponer que las dos pelotas de estas figuras constituyen un sistema ..... porque la fuerza total externa aplicada a ellas es .....

[aislado; despreciable, muy pequeña]

4. Panel 28. En la ilustración (5) hay un choque ..... de las dos pelotas. Esto significa que antes y después las pelotas se mueven .... (*Complete esta oración.*)

[frontal; a lo largo de una trayectoria rectilínea que pasa por sus centros]

5. Panel 28. *Después* de la interacción en la ilustración (5), la pelota izquierda (está/no está) moviéndose, mientras que la pelota derecha (sí/no) está en movimiento.

[no está; sí]

6. Panel 28. Examine el movimiento de la pelota izquierda en las ilustraciones (1) a (4). En cada intervalo de $\frac{1}{10}$ s se mueve aproximadamente .. cm (véase la escala métrica en cada ilustración) hacia la derecha.

[15]

7. Panel 28. Recuerde la ecuación para la velocidad uniforme:

$$\vec{V} = \frac{\cdots\cdots\cdots}{\cdots\cdots\cdots}$$

$[\frac{\Delta d}{\Delta t}]$

8. Panel 28. En las ilustraciones (1) a (4), la pelota izquierda está moviéndose a una velocidad de ..... (magnitud y dirección). En las ilustraciones (6) y (7), después de la interacción, la pelota izquierda está moviéndose a una velocidad de .....

$[\vec{V} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{15 \text{ cm}}{\frac{1}{10} \text{ seg}} = 150 \text{ cm/seg}$

$\vec{V} = 150$ cm/seg hacia la derecha;
cero]

9. Panel 28. Examine el movimiento que tiene la pelota derecha en las ilustraciones (6) y (7). Se mueve aproximadamente .... cm ..... (*dirección*) en cada $\frac{1}{10}$ seg.

[15 cm hacia la derecha]

10. Panel 28. La masa de cada pelota es de 0.1 kg. Hemos visto que la velocidad de la pelota izquierda, antes de la interacción, era de ..... cm/seg, o ..... m/seg hacia la derecha. Calcule la cantidad de movimiento de la pelota izquierda, antes y después de la interacción.

[150; 1.5;
Antes: $\vec{p} = m\vec{V}$ = (0.1 kg) (1.5 m/seg hacia la derecha)
= 0.15 kg × m/seg hacia la derecha.
Después: la pelota queda en reposo y su cantidad de movimiento es cero]

11. Panel 28. Calcule la cantidad de movimiento de la pelota derecha, *antes* y *después* de la interacción.

[*Antes:* cero
Después: $\vec{p} = m\vec{V}$ = (0.1 kg) (1.5 m/seg hacia la derecha)
= 0.15 kg × m/seg hacia la derecha]

12. Panel 28. En esta interacción particular de dos masas en un sistema aislado, la cantidad de movimiento de la pelota inicialmente en movimiento es transferida (completamente/parcialmente) a la pelota inicialmente en reposo.

[completamente]

13. Panel 28. Examinemos las condiciones bajo las cuales tiene lugar esta transferencia de cantidad de movimiento:

(1) Las pelotas ilustradas en este Panel constituyen un .... de ..... cuerpos.
(2) Las masas de las pelotas son ..... entre sí.
(3) La interacción es, específicamente, un choque .....
(4) En todo momento antes y después de la interacción, una pelota está en estado de ....., mientras que la otra está en estado de .....

[(1) Sistema aislado; dos.
(2) Iguales.
(3) Frontal.
(4) *En cualquier orden:* reposo; movimiento]

14. Bajo las condiciones especificadas en el cuadro anterior, hay una transferencia (completa/incompleta) de .... de una masa a la otra motivada por la interacción entre ellas.

[completa; cantidad de movimiento]

15. Panel 28. La cantidad de movimiento de la pelota derecha, después de la interacción, es igual en (magnitud solamente/magnitud y dirección) a la cantidad de movimiento de la pelota izquierda (antes/después) de la interacción.

[magnitud y dirección; antes]

16. Panel 28.

Sea m_1 = masa de la pelota izquierda.
Sea m_2 = masa de la pelota derecha.
Sea $\vec{V}$ = velocidad de la pelota izquierda, antes de la interacción.
Sea $\vec{u}$ = velocidad de la pelota derecha, después de la interacción.
Los datos del Panel 28 justifican la ecuación $m_1\vec{V} =$ .....

[$m_2\vec{u}$]

17. Panel 28. Suponga que $m_1 \neq m_2$. ¿Justifican la ecuación $m_1\vec{V} = m_2\vec{u}$ los datos del Panel 28? (sí/no). Explique por qué.

[No. (Una de las condiciones especificadas en el experimento ilustrado en el Panel 28 es que $m_1 = m_2$)]

18. Panel 28. Sea $\vec{P}_1$ = cantidad de movimiento *total* del sistema, *antes* de la interacción.

$\vec{P}_1$ = cantidad de movimiento de m_1 + cantidad de movimiento de m_2.

$\vec{P}_1$ = ... (*magnitud y dirección*).

[$\vec{P}_1$ = (0.15 kg × m/seg hacia la derecha) + 0
= 0.15 kg × m/seg hacia la derecha]

19. Panel 28. Sea $\vec{P}_2$ = cantidad de movimiento *total* del sistema *después* de la interacción.

$\vec{P}_2$ = ... (*magnitud y dirección*).

[0.15 kg × m/seg hacia la derecha]

20. Panel 28.

$\Delta\vec{P}$ = ... − ..... (*use símbolos*).

$\Delta\vec{P}$ = ... (*número*).

El ..... en la cantidad de movimiento de este sistema, debido a la interacción, es de .....

[$\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$; $\Delta\vec{P} = 0$; cambio; cero]

21. Panel 28. Hemos demostrado que para el sistema aislado de dos cuerpos considerado en este Panel, la cantidad de movimiento total del sistema, antes (es/no es), igual a la cantidad de movimiento total, después, o sea que el ..... de ...., debido a la interacción, es cero.

[es; cambio (de) cantidad de movimiento]

22. Considere la situación del Panel 27. Este era un sistema aislado de dos cuerpos con ambas masas inicialmente en (reposo/movimiento). En ese caso deducimos que el cambio en la *cantidad de movimiento del sistema* debido a la interacción, (fue/no fue) cero.

[reposo; fue]

23. En los Paneles 27 y 28 consideramos dos situaciones que, según veremos, son casos especiales de un principio general. En ambos casos vimos que para un .... de dos ....., el ..... en la .... total del sistema es .....

[sistema aislado; cuerpos; cambio; cantidad de movimiento; cero]

24. Siempre que $\Delta\vec{P} = 0$, decimos que la cantidad de movimiento total ha sido *conservada.* En los Paneles 27 y 28, la cantidad de movimiento (ha sido/no ha sido) conservada.

[ha sido]

25. Los Paneles 27 y 28 describen sistemas aislados de dos cuerpos, en los cuales éstos ..... entre sí. En ambos casos vimos que la cantidad de movimiento total del sistema fue .....

[interaccionan; conservada]

Sección 6. Cambios en la cantidad de movimiento, cuando interaccionan masas iguales en un choque lateral, una en movimiento y la otra inicialmente en reposo

1. Panel 28. Este es un choque frontal. (Es/no es) la clase de interacción más probable.

[no es]

2. Vea el Panel 29. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[B]

3. Panel 29. Lea la descripción. Esta es una clase de interacción más probable. La figura ilustra un choque ..... entre dos masas (iguales/desiguales).

[lateral; iguales]

4. Panel 29. Las masas que se ilustran aquí (constituyen/no constituyen) un sistema aislado. *Explique su respuesta.*

[constituyen (la fuerza total externa actuando sobre ellos es despreciable, la fricción es muy pequeña, etc.)]

5. Panel 29. La pelota que está inicialmente en movimiento es la (blanca/negra). Después de la interacción está(n) en movimiento (la pelota negra/la pelota blanca/ambas pelotas).

[blanca; ambas pelotas]

6. Panel 29. Después de la interacción, las trayectorias de las pelotas son ..... entre sí.

[perpendiculares, en ángulo recto, a 90°]

7. Compare los Paneles 28 y 29. Explique cómo difieren los movimientos de las pelotas después de un choque frontal, y después de un choque lateral, siendo iguales las masas.

[*Frontal:* después de la interacción sólo una masa queda en movimiento, y lo hace a lo largo de la *misma trayectoria rectilínea* que tenía la otra pelota, en movimiento antes de la interacción.
Lateral: después de la interacción ambas pelotas siguen trayectorias perpendiculares entre sí.]

8. Vea el Panel 30. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[B]

9. Panel 30. La figura (*a*) es un diagrama a escala de las cantidades de movimiento incluidas en el choque lateral del Panel 29. La cantidad de movimiento es una cantidad ....., razón por la que está representada aquí con flechas.

[vectorial]

10. Panel 30. La figura (*a*) es una representación vectorial de las cantidades de movimiento incluidas en el panel 29. $\vec{P}_2'$ representa la cantidad de movimiento de la pelota (blanca/negra), (antes/después) de la interacción.

[negra; después]

11. Panel 30, Fig. (*a*). $\vec{p}_1$ representa la ..... de la pelota (blanca/negra) (antes/después) de la interacción.

[cantidad de movimiento; blanca; antes]

12. Panel 30. Deseamos establecer una relación entre las cantidades de movimiento del sistema, antes y después de la interacción. La cantidad de movimiento del sistema, después de la interacción, está representada por la suma: .....
[$\vec{p}_1' + \vec{p}_2'$]

13. Panel 30, Fig. (*a*). La cantidad de movimiento del sistema, antes de la interacción, está representada por ..... (use letra, o letras).
[$\vec{p}_1 + 0$, o bien, $\vec{p}_1$]

14. Panel 30. En la Fig. (*b*) hemos construido a escala la suma .....
de $\vec{p}_1'$ y $\vec{p}_2'$.

[vectorial]

15. Panel 30, Figs. (*a*) y (*b*). Compare las magnitudes de $(\vec{p}_1' + \vec{p}_2')$ y $\vec{p}_1$, midiendo sus longitudes.

$$\vec{p}_1 [=/\neq] (\vec{p}_1' + \vec{p}_2')$$

[=]

16. Panel 30. En otras palabras, $\vec{p}_1$ es la .... de $\vec{p}_1'$ y $\vec{p}_2'$.

[suma vectorial]

17. Panel 30. La cantidad de movimiento del sistema, después de la interacción, (es/no es) igual a la cantidad de movimiento del sistema, antes de la interacción.

[es]

18. Panel 30. En (*a*) y (*b*) hemos demostrado gráficamente que $\vec{p}_1 =$ ..... En palabras: la cantidad de movimiento total de este sistema, en la clase de interacción mostrada en el Panel 29, es c.....a.

[$\vec{p}_1' + \vec{p}_2'$; conservada]

19. Paneles 29 y 30. Podemos demostrar que un análisis cuantitativo del experimento dará el mismo resultado. De los datos del Panel 29:

$p_1 =$ ..... kg × m/seg
$p_1' =$ ..... kg × m/seg
$p_2' =$ ..... kg × m/seg

[$p_1 = (0.1 \text{ kg})(0.25 \text{ m/seg}) = 0.025 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
$p_1' = (0.1 \text{ kg})(0.15 \text{ m/seg}) = 0.015 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
$p_2' = (0.1 \text{ kg})(0.20 \text{ m/seg}) = 0.020 \text{ kg} \times \text{m/seg}$]

20. Paneles 29 y 30. Puesto que $\vec{p}_1'$ y $\vec{p}_2'$ actúan .... entre sí, podemos usar el teorema de ..... para calcular su suma vectorial.

[perpendiculares, en ángulo recto, a 90°; Pitágoras]

21. Paneles 29 y 30. Si $\vec{p}_1'$ es la suma vectorial de $\vec{p}_1'$ y $\vec{p}_2'$, entonces:

$$(\quad)^2 = (\quad)^2 + (\quad)^2$$

[$(p_1)^2 = (p_1')^2 + (p_2')^2$]

22. Paneles 29 y 30. Sustituya con valores conocidos, para verificar esta hipótesis. Desarrolle.

[$(p_1)^2 = (p_1')^2 + (p'_2)^2$
$(0.025)^2 = (0.015)^2 + (0.020)^2$
$0.000625 = 0.000225 + 0.000400$
$0.000625 = 0.000625$

Este último paso nos demuestra que $\vec{p}_1$ es la suma vectorial de p_1' y p_2']

23. Paneles 29 y 30. Hemos demostrado que cuando un sistema aislado de dos cuerpos interaccionan en un choque ....., se ..... la .... total del sistema.

[lateral; conserva; cantidad de movimiento]

24. Otra forma de expresar el mismo hecho, es decir que las .... de las cantidades de movimiento antes y después de la interacción, (son/no son) iguales.

[sumas vectoriales; son]

25. Paneles 29 y 30. Otra forma más de describir esta interacción es decir que $\Delta\vec{P} = \ldots.$; esto es, que el ..... en la .... del sistema, después de la interacción, es .....

[0; cambio; cantidad de movimiento (total); cero]

26. Hasta ahora hemos considerado tres clases distintas de interacción en sistemas aislados:

(1) Ambas masas inicialmente en reposo;
(2) Masas iguales, una de ellas inicialmente en reposo, en un choque frontal;
(3) Masas iguales, una inicialmente en reposo, en un choque lateral.

Vimos que en (un/dos/todos los) caso(s) se conservó la cantidad de movimiento del sistema.

[todos los casos]

Sección 7. Interacción entre masas desiguales en movimiento. Interacción entre masas que, después de dicha interacción, se mueven como una sola masa

1. Vea el Panel 31. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[A]

2. Panel 31. Lea el párrafo descriptivo y examine la fotografía. Esta interacción es un choque (frontal/lateral) entre masas (iguales/desiguales). Antes de efectuarse la interacción, (ambas/ninguna/sólo una) masa(s) está(n) en movimiento.

[lateral; desiguales; ambas]

3. Vea el Panel 32. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[E]

4. Panel 32. La figura (*a*) es un diagrama vectorial en el que los vectores representan las .... de las pelotas, antes y después de la interacción del Panel 31.

[cantidades de movimiento]

5. Panel 32, Fig. (*a*). $\vec{p}_1$ y $\vec{p}_2$ representan las cantidades de movimiento (antes/después) de la interacción.

[antes]

6. Panel 32, Fig. (*a*). La cantidad de movimiento total de este sistema, antes de la interacción, está dada por la suma .....

[$\vec{p}_1 + \vec{p}_2$]

7. Panel 32, Fig. (*a*). La cantidad de movimiento de este sistema, después de la interacción, está dada por la suma .....

[$\vec{p}_1' + \vec{p}_2'$]

8. Panel 32. En la Fig. (*b*) hemos construido la .... de $\vec{p}_1$ y $\vec{p}_2$. Su magnitud es ..... kg × m/seg.

[suma vectorial; aproximadamente 1.41 kg × m/seg. (La longitud de $(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)$ es 4.7 cm, y según la escala 1 cm = 0.30 kg × m/seg).]

9. Panel 32. La suma vectorial construida en la figura (*b*) representa la .... del sistema, (antes/después) de la interacción.

[cantidad de movimiento; antes]

10. Panel 32. En la figura (*c*) hemos construido la suma vectorial de ..... (*Complete esta oración.*) Esta representa la cantidad de movimiento del sistema (antes/después) de la interacción, y tiene una magnitud de ..... kg × m/seg.

[$(\vec{p}_2' + \vec{p}_1')$, o cantidad de movimiento después de la interacción; después; 1.41 kg × m/seg]

11. Panel 32. $\vec{p}_1 + \vec{p}_2$ $(=/\neq)$ $\vec{p}_1' + \vec{p}_2'$

[=]

12. Hemos demostrado que en una interacción como la ilustrada en el Panel 31, la cantidad de movimiento total del sistema se ..... (*una palabra*). Esto significa que el ..... en la cantidad de movimiento del sistema, debido a la interacción, es cero.

[conserva; cambio]

13. Hemos mostrado una vez más que la cantidad de movimiento total de las masas de un sistema ..... se ..... Esto (es/no es) cierto, si las masas son o no son iguales entre sí.

[aislado; conserva; es]

14. En los últimos 300 ó 400 años se han examinado experimentalmente muchos sistemas aislados de masas. En todos los casos se ha demostrado la validez del *principio de la conservación de la cantidad de movimiento.* Por lo tanto, basándonos en muchos experimentos, generalizamos y decimos que siempre que las masas de un .... interaccionan se conserva la ....

[sistema aislado; cantidad de movimiento, cantidad de movimiento total]

15. Los Paneles 27, 28, 29 y 31 ilustran el principio de ..... de la .... En todos los casos, ... (*Complete con sus propias palabras.*)

[conservación (de la) cantidad de movimiento; se conserva la cantidad de movimiento del sistema, el cambio de cantidad de movimiento del sistema es cero, la cantidad de movimiento del sistema antes y después de la interacción es la misma, etcétera.]

16. Vea el Panel 33. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[M]

17. El Panel 33 es una serie de fotografías tomadas a intervalos de ⅙ de s que muestran la interacción de dos masas que *se adhieren* al chocar. La pelota blanca es de metal y la negra es de masilla suave. En las fotografías (1), (2) y (3), ¿qué pelota está en reposo?; ¿cuál está en movimiento?

[la pelota negra está en reposo. La pelota de metal (blanca) está moviéndose]

18. Panel 33. En las fotos (4), (5), (6) y (7) ambas pelotas están en (reposo/movimiento).

[movimiento]

19. Panel 33. Estas pelotas se mueven sobre una superficie bien pulida. Esto significa que la fuerza .... sobre el sistema es despreciable, y que las pelotas constituyen un ....

[total externa; sistema aislado]

20. Panel 33. Queremos determinar si se conserva la cantidad de movimiento en el caso de que las masas se adhieran entre sí después de la interacción, y se muevan como una sola masa.

Sea m_1 = masa de la pelota blanca,

Sea m_2 = masa de la pelota negra,

Sea $\vec{V}$ = velocidad de la pelota blanca, antes de la interacción.

La cantidad de movimiento del sistema, antes de la interacción, está dada por la ecuación $\vec{P}$ = ...

[$m_1\vec{V}$ (m_2 no tiene cantidad de movimiento antes de la interacción]

21. Panel 33. Después de la interacción sólo hay una masa en movimiento. Su masa está representada por la suma: .....

[$(m_1 + m_2)$]

22. Panel 33. Sea $\vec{u}$ = velocidad de la masa (total) después de la interacción. La cantidad de movimiento $\vec{P}'$ del sistema, después de la interacción, está dada por la ecuación: .....

[$\vec{P}' = (m_1 + m_2)\vec{u}$]

23. Panel 33. Si la cantidad de movimiento se conserva, $m_1\vec{V}$ = ...
.....

[$(m_1 + m_2)\vec{u}$]

24. Panel 33. Examine las figuras. ¿La dirección de $m_1\vec{V}$ antes de la interacción es la misma de $(m_1 + m_2)\vec{u}$ después de la interacción? (Sí/no).

[Sí]

25. Panel 33. Si ahora podemos mostrar experimentalmente que las magnitudes de m_1V y de las $(m_1 + m_2)\vec{u}$ son iguales, entonces habremos demostrado, con respecto a esta clase de interacción, que .....
..... (*Complete esta oración.*)

[la cantidad de movimiento se conserva]

26. Panel 33. Dados los siguientes datos experimentales, demuestre si se conserva o no la cantidad de movimiento del sistema:

$m_1 = 0.10$ kg
$V = 1.00$ m/seg
$m_2 = 0.025$ kg
$u = 0.800$ m/seg

[Si la cantidad de movimiento se conserva, entonces $mV_1 = (m_1 + m_2)u$.
Sustituyendo con los valores conocidos:
$(0.1 \text{ kg})(1 \text{ m/seg}) = (0.1 \text{ kg} + 0.025 \text{ kg})(0.8 \text{ m/seg})$
$0.1 \text{ kg} \times \text{m/seg} = (0.125 \text{ kg})(0.8 \text{ m/seg})$
$0.1 \text{ kg} \times \text{m/seg} = 0.1 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
Lo que demuestra que la cantidad de movimiento *se conserva*]

27. Panel 33. Este panel demuestra que el principio de ..... de la .... puede aplicarse a una interacción en la que las masas se adhieren entre sí después de esa interacción. En el experimento ilustrado aquí (ambas/sólo una/ninguna de las) masa(s) está(n) inicialmente en movimiento.

[conservación (de la) cantidad de movimiento; sólo una]

28. Experimentos precisos han demostrado que el resultado del Panel 33 también se aplica cuando *ambas* masas están inicialmente en movimiento.
Sean:

m_1 = masa de la pelota blanca
$\vec{V}_1$ = velocidad de la pelota blanca
m_2 = masa de la pelota de masilla
$\vec{V}_2$ = velocidad de la pelota de masilla
} antes de la interacción

Cantidad de movimiento total $\vec{P}$, antes de la interacción = ...
.....

[$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2$]

29. Panel 33. Sea $\vec{u}$ la velocidad de las masas adheridas *después* de la interacción. De acuerdo con la ley de la conservación de la cantidad de movimiento:

$$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 =$$

[$(m_1 + m_2)\vec{u}$]

30. Panel 33. Suponga que las masas mostradas aquí estaban inicialmente en movimiento, como sigue:

$\vec{V}_1 = 1$ m/seg hacia la derecha
$\vec{V}_2 = 0.2$ m/seg hacia la derecha

Calcule la velocidad de las masas después de la interacción (use las masas dadas en el cuadro 26).

[$m_1V_1 + m_2V_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$

$(0.1 \text{ kg})(1 \text{ m/seg}) + (0.025 \text{ kg})(0.2 \text{ m/seg}) = (0.125 \text{ kg})u$

$$u = \frac{0.1 \text{ kg} \cdot \text{m/seg} + 0.005 \text{ kg} \cdot \text{m/seg}}{0.125 \text{ kg}}$$

$u = 0.84$ m/seg]

31. Panel 33. Suponga $\vec{V}_1 = 1.00$ m/seg hacia la derecha, y $\vec{V}_2 = 0.200$ m/seg hacia la izquierda. Si suponemos que la cantidad de movimiento de m_1 es positiva, entonces la cantidad de movimiento de m_2 debe ser (positiva/negativa).

[negativa]

32. Panel 33. Suponga:

$m_1 = 10$ kg
$m_2 = 5$ kg
$\vec{V}_1 = 10$ m/seg hacia la derecha
$\vec{V}_2 = 2$ m/seg hacia la izquierda

Hagamos positivo el movimiento hacia la derecha.

$m_1V_1 =$ ..... kg × m/seg
$m_2V_2 =$ ..... kg × m/seg

[$m_1V_1 = (10 \text{ kg})(10 \text{ m/seg}) = 100 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
$m_2V_2 = (5 \text{ kg})(-2 \text{ m/seg}) = -10 \text{ kg} \times \text{m/seg}$ (no olvide el signo menos)]

33. Usando los datos del cuadro anterior, calcule la velocidad (magnitud + dirección hacia la derecha o hacia la izquierda) de las masas, después de la interacción. Desarrolle.

[$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$

$(100 \text{ kg} \times \text{m/seg}) + (-10 \text{ kg} \times \text{m/seg}) = (10 \text{ kg} + 5 \text{ kg})u$

$$u = \frac{100 \text{ kg} \times \text{m/seg} - 10 \text{ kg} \times \text{m/seg}}{15 \text{ kg}}$$

$u = {}^{90}/_{15} = 6 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
El valor positivo indica dirección **hacia la derecha**]

Sección 8. Problemas de impulso, cantidad de movimiento y conservación de la cantidad de movimiento. Repaso

1. Vea el Panel 34. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[D]

2. Panel 34. Lea el problema 1. La ley de la conservación de la cantidad de movimiento (se aplica/no se aplica) a este problema. La cantidad de movimiento total del sistema, antes y después de la interacción, es ..... Explique su respuesta.

[se aplica; cero, porque la cantidad de movimiento antes de la interacción es cero (los cuerpos están en reposo) y la cantidad de movimiento total se conserva después de la interacción, en un sistema aislado.]

3. Panel 34, problema 1. Sea m_1 la masa de 2 kg, y $\vec{V}$ su velocidad después de la interacción.

Sea m_2 la masa de 10 kg y $\vec{u}$ su velocidad después de la interacción.

$$m_1\vec{V} + m_2\vec{u} = \ldots\ldots$$

[0]

4. Panel 34, problema 1. Después de la interacción:

$m_1\vec{V} + m_2\vec{u} = 0$, o bien $m_1\vec{V} = \ldots\ldots\ldots$

[$-m_2\vec{u}$]

5. Panel 34, problema 1. $m_1\vec{V} = -m_2\vec{u}$

¿Cuál es el significado del signo menos?

[que las masas se alejan en direcciones opuestas]

6. Panel 34, problema 1. $m_1\vec{V} = -m_2\vec{u}$

Después de la interacción, las ..... de las cantidades de movimiento son iguales.

[magnitudes]

7. Panel 34, problema 1. Considere la parte (*a*). Sabemos que $m_1\vec{V} = -m_2\vec{u}$. Sustituyendo con los valores conocidos y despejando $m_2\vec{u}$ =

$$m_2\vec{u} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (}\textit{magnitud y dirección}\text{)}$$

[$m_1\vec{V} = -m_2\vec{u}$

(2 kg) (5 m/s hacia el Norte) $= -m_2\vec{u}$

$m_2\vec{u} = -10$ kg $\times$ m/seg hacia el Norte $= 10$ kg $\times$ m/seg hacia el Sur]

8. Panel 34, problema 1. Considere la parte (*b*). Hemos visto que $m_2\vec{u} = ?$ Usando esto, encontramos:

$\vec{u} =$ ..... (*magnitud y dirección*)

[$m_2\vec{u} = 10$ kg $\times$ m/seg hacia el Sur
$(10 \text{ kg})\vec{u} = 10$ kg $\times$ m/seg hacia el Sur
$\vec{u} =$ m/seg hacia el Sur]

9. Panel 34, problema 1. Considere la parte (*c*). El impulso se define como el producto ..... Está relacionado con la cantidad de movimiento en la ecuación: .....

[$\vec{F}\Delta t$; $\vec{F}\Delta t = m\Delta\vec{V}$, ó $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$]

10. Panel 34, problema 1(*c*). El cambio en la cantidad de movimiento de la masa de 2 kg debido a la interacción, es ..... (*magnitud y dirección*). Para la masa de 2 kg, $\vec{F}\,\Delta t =$ .... (*magnitud y dirección*).

[$\Delta\vec{p} = m_1\vec{V} - 0 = (2 \text{ kg})(5 \text{ m/seg hacia el Norte}) = 10$ kg $\times$ m/seg al Norte
puesto que $\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$,
$\vec{F}\,\Delta t = 10$ kg $\times$ m/seg (o newton/seg) hacia el Norte]

11. Panel 34, problema 1(*c*). Para la masa de 10 kg:

$\vec{F}\,\Delta t =$ ..... (*magnitud y dirección*)

[$\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$
$\Delta\vec{p} = m_2\vec{u} = (10 \text{ kg})(1 \text{ m/seg hacia el Sur})$
$\vec{F}\,\Delta t = 10$ kg $\times$ m/seg (o newton/seg) **hacia el Sur**]

12. Panel 34, problema 1. Considere la parte (*d*). Puesto que, para la masa de 2 kg, $\vec{F}\,\Delta t = ?$, y $\Delta t =$ ..... seg:
$\vec{F} =$ ..... newtons ..... (*magnitud y dirección*).

[$\Delta t = 0.01$ seg
$\vec{F}\,\Delta t = 10$ newtons-s hacia el Norte
$\vec{F} = \dfrac{10 \text{ newton/seg}}{0.01 \text{ seg}}$ hacia el Norte
$\vec{F} = 1000$ newtons hacia el Norte]

13. Panel 34, problema 1. ¿Cuál es la fuerza promedio que produce el cambio en la cantidad de movimiento de la masa de 10 kg? Dé magnitud y dirección.

[$\vec{F}\,\Delta t$ = 10 newton/seg hacia el Sur

$\vec{F}$(0.01 seg) = 10 newton/seg hacia el Sur

$\vec{F} = \dfrac{10 \text{ newton/seg}}{0.01 \text{ s}}$ hacia el Sur

$\vec{F}$ = 1000 newton/seg **hacia el Sur**]

14. Panel 34, problema 1. En la clase de interacción considerada aquí, las fuerzas promedio que producen el cambio de cantidad de movimiento durante la interacción, son (iguales/diferentes) en magnitud, y tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[iguales; direcciones opuestas]

15. Panel 34, problema 1. Nuestra solución al problema se basa en una ley o principio llamado .... Esta ley dice que el ..... en la .... de un sistema como el que se describe aquí, es .....

[de la conservación de la cantidad de movimiento; cambio; cantidad de movimiento; cero]

16. Panel 34, problema 1. En este caso particular, las velocidades después de la interacción tienen magnitudes (iguales/diferentes) y (la misma dirección/direcciones opuestas).

[desiguales; direcciones opuestas]

17. Panel 34, problema 1. En esta situación particular, las cantidades de movimiento después de la interacción tienen magnitudes (iguales/diferentes) y (la misma dirección/direcciones opuestas).

[iguales; direcciones opuestas]

18. Panel 34. Lea el problema 2. Bajo las condiciones enunciadas aquí, (se puede/no se puede) aplicar la ley de la conservación de la cantidad de movimiento. Explique su respuesta.

[se puede, porque no hay ninguna *fuerza total externa* aplicada al sistema. Por lo tanto, el sistema es aislado]

19. Panel 34, problema 2. Sea $\vec{P}_1$ la cantidad de movimiento total, antes de la interacción.

$\vec{P}_1$ = ... (*magnitud y dirección*)

[$\vec{P}_1$ = (6 kg) (2 m/seg hacia el Oeste)

$\vec{P}_1$ = 12 kg × m/seg hacia el Oeste]

20. Panel 34, problema 2. Considere (a). Sea $\vec{P}_2$ la respuesta a esta parte.

$\vec{P}_2 =$ ..... *(magnitud y dirección)*

Explique su respuesta.

[12 kg $\times$ m/seg hacia el Oeste, porque en esta clase de interacción se conserva la cantidad de movimiento.]

21. Panel 34, problema 2. Considere la parte (b). En la sección 5 de este capítulo vimos que después de esta clase de interacción, m_1 está en (reposo/movimiento). La cantidad de movimiento total del sistema, *después* de la interacción debe estar representada por la cantidad de movimiento de (m_1/m_2).

[reposo; m_2]

22. Panel 34, problema $2(b)$. La cantidad de movimiento de m_2, *después* de la interacción, es ..... *(magnitud y dirección)*.

[12 kg $\times$ m/seg hacia el Oeste]

23. Panel 34, problema 2. La cantidad de movimiento de m_1, después de la interacción, es .....

[cero]

24. Panel 34, problema 2. Considere la parte (c). En esta clase de interacción, la velocidad de m_2 después de la interacción, y la velocidad de m_1 antes de la interacción, tienen magnitudes (iguales/diferentes), y (la misma dirección/direcciones opuestas).

[iguales; la misma dirección]

25. Panel 34, problema $2(c)$. La velocidad de m_2 después de la interacción es: ..... *(magnitud y dirección)*.

[2 m/seg hacia el Oeste]

26. Panel 34, problema 2. Considere la parte (d). Para m_2 después de la interacción:

$\vec{F}\,\Delta t =$ ..... *(magnitud y dirección)*

[$\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p} =$ 12 kg $\times$ m/seg (o newton/s) hacia el Oeste]

27. Panel 34, problema $2(d)$:

$\vec{F}\,\Delta t =$ 12 newton/s hacia el Oeste,

$\vec{F} =$ ..... *(magnitud y dirección)*.

[$\vec{F} = \dfrac{12 \text{ newton/s}}{0.05 \text{ seg}}$ hacia el Oeste

$\vec{F} =$ 240 newtons hacia el Oeste]

28. Panel 34. Lea el problema 3. Repase los Paneles 27 a 33. ¿Qué panel representa más fielmente el tipo de interacción descrita en este problema?

[el Panel 33]

29. Panel 34, problema 3. Puesto que las masas están moviéndose en (la misma/opuesta) dirección, es necesario decidir qué signos asignar a sus cantidades de movimiento.

[opuesta]

30. Panel 34, problema 3. Suponga positiva la dirección *Norte*. Antes de la interacción, la cantidad de movimiento del carro que se mueve hacia el Sur, usando esta convención de signos, es de .... (*magnitud y dirección*).

[(1 kg)(−10 m/seg) = −10 kg × m/seg]

31. Panel 34, problema 3. Considere la parte (*a*). Use los signos convenidos. Calcule la cantidad de movimiento total antes de la interacción.

[(1 kg)(8 m/seg) + (1 kg)(−10 m/seg) = 8 kg × m/seg + (−10 kg × m/seg) = −2 kg × m/seg]

32. Panel 34, problema 3(*a*). La solución a esta parte del problema es: −2 kg × m/seg. ¿Qué dirección indica el signo menos?

[Sur]

33. Panel 34, problema 3. Considere la parte (*b*). La cantidad de movimiento total después de la interacción, es ..... (*magnitud y dirección*). Explique cómo obtuvo esta respuesta.

[2 kg × m/seg hacia el Sur.
La interacción descrita es aquella entre masas de un sistema aislado. En un sistema como éste, la cantidad de movimiento se conserva, después de la interacción]

34. Panel 34, problema 3. Considere la parte (*c*). Escriba una ecuación que relacione la cantidad de movimiento total antes y después de la interacción, usando m_1, m_2, $\vec{V}_1$ y $\vec{V}_2$.

[$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$]

35. Panel 34, problema 3(*c*). Use la ecuación anterior para resolver esta parte.

[$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$
$8 \text{ kg} \times \text{m/seg} - 10 \text{ kg} \times \text{m/seg} = (2 \text{ kg})\vec{u}$
$\vec{u} = \dfrac{-2 \text{ kg} \times \text{m/seg}}{2 \text{ kg}}$
$\vec{u} = -1 \text{ m/seg}$ (ó 1 m/seg hacia el Sur)]

36. Panel 34. Lea el problema 4. Compare la situación descrita aquí y el diagrama de la interacción, con los Paneles 27, 28, 29, 31 y 33. La situación descrita en el problema 4 se asemeja a la del Panel ....

[29]

37. Panel 34, problema 4. El protón está presente en una interacción (frontal/lateral). Los datos de este problema (indican/no indican) si las masas presentes son iguales o no lo son.

[lateral; no indican]

38. Panel 34, problema 4. Un examen de la figura muestra que las trayectorias de las masas, después de la interacción, están .... entre sí.

[perpendiculares, en ángulo recto, a 90°]

39. Panel 34, problema 4. El ángulo que hay entre las trayectorias después de la interacción, sugiere que el protón y la partícula desconocida tienen masas (iguales/diferentes).

[iguales]

40. Panel 34, problema 4. Entonces, la masa de la partícula desconocida es probablemente muy cercana a ..... kg. Por lo tanto, podemos calcular la cantidad de movimiento de la partícula desconocida, después de la interacción, usando el Teorema de .....

[1.67×10^{-27} kg; Pitágoras]

41. Panel 34, problema 4. Sea m la masa del protón y la masa de la partícula desconocida. Sea V_1 la velocidad del protón *antes* de la interacción, y V_2 su velocidad *después* de la interacción. Sea u la velocidad de la masa desconocida, después de la interacción. Escriba una ecuación que relacione las *magnitudes* de las cantidades de movimiento antes y después de la interacción.

[$(mV_1)^2 = (mV_2)^2 + (mu)^2$]

42. Panel 34, problema 4. Calcule la magnitud de u.

[$(1.67 \times 10^{-27} \times 25 \times 10^6)^2 = (1.67 \times 10^{-27} \times 24 \times 10^6)^2 + (1.67 \times {}^{-27})^2 u^2 \qquad u = 7 \times 10^6$ m/seg]

43. Panel 34. Lea el problema 5. Este es un choque (frontal/lateral), puesto que las partículas se mueven hacia uno y otro lado, a lo largo de (la misma/diferentes) trayectoria(s).

[frontal; la misma]

44. Panel 34, problema 5. Consideremos como positiva la cantidad de movimiento original del protón.

(1) Calcule la cantidad de movimiento de este sistema, antes de la interacción.

(2) Calcule la cantidad de movimiento del protón, después de la interacción.

[(1) Es la cantidad de movimiento del protón, antes de la interacción.

$$\vec{p} = m\vec{V} = (1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})(5 \times 10^{6}\ \text{m/seg})$$
$$= 8.35 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg}$$

(2) $\vec{p} = m\vec{V} = (1.66 \times 10^{-27}\ \text{kg})(-1 \times 10^{6}\ \text{m/seg})$
$= -1.67 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg}$ no olvide el signo.)]

45. Panel 34, problema 5. Llamemos M a la masa del deuterón. Sustituyendo con los valores conocidos, escriba una ecuación que relacione las cantidades de movimento antes y después de la interacción.

antes después

..... = ...

[$8.35 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg} = (-1.57 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg}) + (3 \times 10^{6}\ \text{m/seg})\text{M}$]

46. Panel 34, problema 5. Despejando M de esta ecuación, se encuentra que la masa del deuterón es ..... kg.

[$(3 \times 10^{6}\ \text{m/seg})M = (8.35 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg}) + (1.67 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg})$

$$M = \frac{10.02 \times 10^{-21}\ \text{kg} \times \text{m/seg}}{3 \times 10^{6}\ \text{m/seg}}$$

$M = 3.34 \times 10^{-27}$ kg]

47. Panel 34. Lea el problema 6. ¿A qué tipo de interacción, de las que hemos analizado más estrechamente, se asemeja la situación entre el rifle y la bala de este problema? (*Refiérase al panel apropiado.*)

[a la situación del Panel 27, en la cual interaccionan dos masas inicialmente en reposo.]

48. Panel 34, problema 6.

Sea: M = masa del rifle

m = masa de la bala

$\vec{V}$ = velocidad de retroceso del rifle

$\vec{u}$ = velocidad de la bala.

Usando estos símbolos, escriba una ecuación que represente la situación descrita en el problema 6, desde el punto de vista de la conservación de la cantidad de movimiento.

[$M\vec{V} + m\vec{u} = 0$, ó $M\vec{V} = -m\vec{u}$, ó $m\vec{u} = -M\vec{V}$]

49. Panel 34, problema 6. Suponga que la bala es disparada hacia el Sur. Calcule la magnitud y dirección de la velocidad de retroceso del rifle.

[$M\vec{V} = -\vec{mu}$

(2.5 kg) $\vec{V} = -$ (0.001 kg) (500 m/seg hacia el Sur)

$$\vec{V} = -\frac{0.5 \text{ kg} \times \text{m/seg hacia el Sur}}{2.5 \text{ kg}}$$

$\vec{V} = -0.2$ m/seg hacia el Sur

$V = 0.2$ m/seg hacia el Norte]

50. Panel 34. Lea el problema 7. En este problema, el cohete y su combustible (constituyen/no constituyen) un sistema aislado.

[constituyen]

51. Panel 34, problema 7.

Sea m_r = masa del cohete, sin su combustible

$m_r =$ ..... kg

Sea m_c = masa del combustible

Sean $\vec{V}_r$ y $\vec{V}_c$ las velocidades del cohete y de los gases de escape, después de la interacción. Escriba una ecuación que relacione estos símbolos: .....

[5000 kg;

$m_r\vec{V}_r = -m_c\vec{V}_c$ ó $m_c\vec{V}_c = -m_r\vec{V}_r$ ó $m_r\vec{V}_r + m_c\vec{V}_c = 0$]

52. Panel 34, problema 7. $m_r\vec{V}_r = -m_c\vec{V}_c$.

Puesto que se nos pide encontrar solamente la magnitud de la velocidad, podemos escribir esta ecuación eliminando las ..... y los ...., así:

$$m_rV_r = \text{.....}$$

[flechas; signos menos; m_cV_c]

53. Panel 34, problema 7. Calcule la magnitud de la velocidad del cohete cuando se haya consumido todo el combustible.

[$M_rV_r = m_cV_c$

5000 kg $V_r =$ (20,000 kg) (800 m/seg)

$$V_r = \frac{20{,}000 \times 800 \text{ m/seg}}{5000}$$

$V_r = -3200$ m/seg]

54. Panel 34. Lea el problema 8. Esta situación no es exactamente como cualquiera de las que hemos analizado en este capítulo. ¿Constituye una situación a la que se aplique la ley de la conservación de la cantidad de movimiento? (Sí/no). Explique su respuesta.

[Sí. Hemos visto que siempre que dos o más masas interaccionan en un sistema aislado, la cantidad de movimiento se conserva.]

55. Panel 34, problema 8. Antes de la interacción, la cantidad de movimiento total del sistema es ..... kg × m/seg.

[(1 kg)(2 m/seg) = 2 kg × m/seg]

56. Panel 34, problema 8. Sea V la velocidad desconocida. La magnitud de la cantidad de movimiento total del sistema, *después* de la interacción, está representada por ..... V.

[(1 kg + 2 kg)V, ó (3 kg)V, ó $3V$]

57. Panel 34, problema 8.
Cantidad de movimiento, antes: 2 kg × m/seg
Cantidad de movimiento, después: $3V$
Calcule V.

[$3V$ = 2 kg × m/seg
V = ⅔ m/seg ó 0.67 m/seg]

58. Repaso. Enuncie, con sus propias palabras, la ley de la conservación de la cantidad de movimiento.

[Siempre que dos o más masas interaccionan en un sistema *aislado*, la *cantidad de movimiento se conserva.*]

59. Repaso. Para cualquier sistema aislado, el ..... en la .... del sistema, después de la interacción de las masas dentro del sistema, es cero.

[cambio (en la) cantidad de movimiento total]

60. Repaso. El impulso de una fuerza total es su ..... para producir un ..... en la ..... de la masa a la cual se aplica dicho impulso.
Definimos el impulso como el producto ..... (*en símbolos*).

[efectividad; cambio; velocidad; $\vec{F}\,\Delta t$]

61. Repaso. Escriba una ecuación que relacione al impulso con la cantidad de movimiento.

[$\vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$, ó $\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{V}$, ó $\vec{F}\,\Delta t = \Delta(m\vec{V})$, ó
$\vec{F}\Delta t = m(\vec{V}_2 - \vec{V}_1) = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$]

62. Repaso. Escriba una ecuación que exprese la segunda Ley de Newton del movimiento, en función del cambio de cantidad de movimiento.

$$[\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}]$$

63. Repaso. De las siguientes unidades, ¿cuáles *no son* de impulso?

(*a*) kg × m/s²	(*b*) g × cm/seg	(*c*) kg × cm/horas
(*d*) newton-horas	(*e*) newton/seg	(*f*) dina/s

[(*a*), (*e*)]

64. Repaso. Dos masas intervienen en un choque lateral, una de ellas inicialmente en reposo. Después de la interacción sus trayectorias son perpendiculares. Es probable que estas masas sean (iguales/diferentes).

[iguales]

65. Repaso. m_1 y m_2 interaccionan en un choque lateral, estando m_2 inicialmente en reposo. m_1 rebota después de la interacción y m_2 se aleja en dirección opuesta. Es probable que m_1 y m_2 tengan (igual/distinta) masa.

[distinta]

66. Repaso. La situación mostrada en el Panel 27, el retroceso de un rifle, y la aceleración de una nave cohete en el espacio por medio de gases del escape, (son/no son) básicamente la misma clase de interacción.

[son]

67. Repaso. Cada una de las interacciones mencionadas en el cuadro anterior se explica mediante un principio llamado .....
.....

[de la conservación de la cantidad de movimiento]

68. Repaso. La cantidad de movimiento total de un sistema aislado es la .... de las cantidades de movimiento de sus elementos individuales.

[suma vectorial]

69. Repaso. Explique por qué al sistema cohete-combustible del problema 7 podemos tratarlo como aislado.

[porque la fuerza total externa sobre él es despreciable]

70. Repaso. Suponga que el sistema cohete-combustible del problema 7 estaba en reposo en o cerca de la superficie de la Tierra. ¿Aún así seguiría siendo un sistema aislado? (sí/no). Explique su respuesta.

[No. Hay sobre él una fuerza total externa que *no es* despreciable: la atracción gravitacional de la Tierra.]

PROBLEMAS

1. Se aplica una fuerza total de 8 newtons durante 0.3 seg. ¿Cuál es el impulso? Si la fuerza total se aumenta a 15 newtons, ¿cuál es el impulso?

2. ¿Cuál es el impulso de una fuerza total de 10 newtons hacia el Norte, aplicada durante 2 seg a una masa de 5 kg?; ¿qué cambio de cantidad de movimiento produce?

3. A un objeto se le aplicó un impulso de 320 newtons-seg hacia el Sureste, durante 10 seg. ¿Cuál fue la fuerza total aplicada?

4. Calcule la cantidad de movimiento de una masa que emplea 40 newtons-seg de impulso para quedar en reposo. *Nota:* la dirección del impulso es al Oeste.

5. Calcule la cantidad de movimiento de una masa que requirió la aplicación de una fuerza total de 30 newtons hacia el Sur durante 10 seg para quedar en reposo.

6. Un objeto de masa desconocida es puesto en movimiento a partir del reposo, mediante la aplicación de una fuerza total de 4 newtons hacia el Noreste durante 5 seg. ¿Cuál es su cantidad de movimiento en el momento de retirar la fuerza?

7. Una masa de 6 kg se mueve a una velocidad de 3 metros/seg hacia el Oeste. Para retardarlo, se le aplica una fuerza de 2 newtons hacia el Este. ¿Cuál es su velocidad después de 2 seg?

8. Calcule el cambio en la cantidad de movimiento de un objeto que se mueve originalmente hacia el Oeste, cuando se le aplica una fuerza de 5 newtons hacia el Oeste durante 8 seg.

9. Una masa de 8 kg tiene una velocidad de 10 metros/seg hacia arriba. Si se desea cambiar su velocidad a 5 metros/seg, ¿cuál es el impulso requerido para ello?

10. Una masa de 50 kg tiene una velocidad de 0.24 m/seg hacia el Norte. ¿Cuál es su cantidad de movimiento?, ¿qué impulso es necesario para detenerla?

11. Una masa de 20 kg está inicialmente en reposo en un sistema aislado. Una masa desconocida interacciona con ella, alejándose la masa de 20 kg a una velocidad de 0.20 metros/seg hacia el Este. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección de la cantidad de movimiento de la masa desconocida, *antes* de transferir toda su cantidad de movimiento a la masa conocida?

12. Un carro cuya masa es de 1000 kg, moviéndose a 50 m/seg pega con otro que está inmóvil, pero sin sus frenos aplicados, quedando ambos enganchados. El segundo carro tienen una masa de 1200 kg. Calcule la velocidad del sistema, después del impacto.

13. Si una masa de 1 kg y otra de 0.5 kg se mueven respectivamente con velocidades $\vec{v}_1 = 2$ m/seg hacia la derecha, y $\vec{v}_2 = 0.1$ m/seg hacia la derecha, y la primera masa interacciona con la segunda, ¿cuál es la velocidad después de la interacción, suponiendo que se trata de un choque completamente inelástico?

14. Un cohete con una masa total de 3×10^4 kg consume todo su combustible, que inicialmente era de 2×10^4 kg, después de lo cual tiene una velocidad constante en el espacio. ¿Cuál es esta velocidad, si la inicial fue de 800 m/seg y se aceleró uniformemente?

15. Dos pelotas de masilla de silicón cuyas masas son de 15 y 3 gramos, interaccionan frente a frente con velocidades de 0.6 m/seg y 1 m/seg respectivamente. ¿Cuál es la velocidad resultante v, si las pelotas permanecen pegadas?

16. Un cañón de 1000 kg dispara un proyectil de 2 kg con una velocidad de 500 m/seg. ¿Cuál es la velocidad de retroceso del cañón?

17. Una bala de 0.03 kg es disparada dentro de un bloque de madera de 9 kg. ¿Cuál es la velocidad del bloque de madera y la bala incrustada en él, si la velocidad de la bala es de 200 m/seg?

18. Un muchacho cuya masa es de 50 kg y un hombre cuya masa es de 100 kg están de pie cara a cara sobre patines de ruedas en una superficie tersa horizontal. De repente el muchacho empuja al hombre con una fuerza media de 20 newtons durante 0.5 seg. Calcule las velocidades de ambos después de esta interacción.

CAPITULO 7

TRABAJO

Sección 1. Definición de trabajo

1. Se aplica una fuerza $\vec{F} = 2$ newtons hacia el Este, para mover un objeto en reposo. Se opone al movimiento una fricción $\vec{f} = 2$ newtons hacia el Oeste. La fuerza total aplicada al objeto es ..... $\vec{F}$ (es/no es) efectiva para mover el objeto.

[cero; no es]

2. Cuando la fuerza ..... aplicada a un objeto es mayor que cero, el estado de reposo del objeto (se/no se) alterará.

[total; se]

3. La fuerza total aplicada a un objeto que se mueve con velocidad constante, es cero. El objeto (se/no se) acelerará.

[no se]

4. Para que una fuerza sea efectiva para producir un movimiento a partir del reposo, o para producir una aceleración, debe ser (mayor que/igual a) todas aquellas fuerzas, como la fricción, que tienden a ..... cambios en el estado de movimiento.

[mayor que; oponerse a, evitar, etc.]

5. Se pone una pelota de golf sobre una superficie horizontal pulida. Usted le da un golpecito con su dedo. Es muy probable que la fuerza haga que la pelota ..... de una posición a otra.

[se mueva, ruede, cambie, etc.]

6. Suponga que usted aplica la misma fuerza a la pared de su habitación. Probablemente (hará/no hará) que la pared se mueva de una posición a otra.

[no hará]

7. Las fuerzas (siempre/nunca/a veces) son efectivas para producir cambios en la (el) ..... o en el estado de ..... del objeto al que se aplican.

[a veces; posición, lugar, localización, etc.; movimiento]

8. Entonces, podemos distinguir entre fuerzas que son efectivas para producir cambios de posición, etc., y fuerzas que no lo son. Esto nos permite distinguir entre fuerza y *trabajo*. En física, cuando una fuerza es efectiva para producir un cambio de posición, se dice que realiza un .....

[trabajo]

9. La fuerza que usted aplicó a la pared de su habitación (efectuó/no efectuó) un trabajo. Explique su respuesta.

[no efectuó, porque no produjo un cambio de posición]

10. Se aplica una fuerza a un objeto en movimiento y produce un aumento en su rapidez. Esta fuerza (está/no está) realizando un trabajo. Explique su respuesta.

[está, porque está produciendo un cambio en el estado de movimiento (la rapidez).]

11. Se dice que una fuerza hace un trabajo, solamente cuando es efectiva para producir un ..... en la ..... y en la ..... de un objeto.

[cambio; *en cualquier orden:* posición, rapidez]

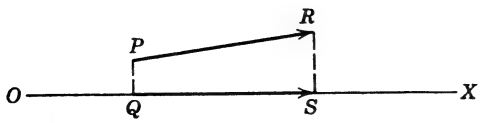
12. La fricción se emplea con frecuencia para retardar objetos. Empleada así, ¿realiza un trabajo? (sí/no). Explique.

[sí, porque es una fuerza produciendo un cambio de velocidad.]

13. Anteriormente vimos que las fuerzas son cantidades .....; es decir, tienen ..... y .....

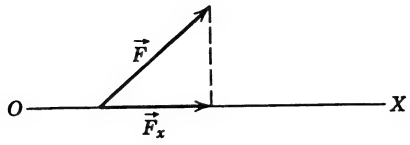
[vectoriales; *en cualquier orden:* magnitud, dirección]

14. Las cantidades vectoriales pueden descomponerse en sus componentes. En la figura que sigue, ... es la componente de ..... a lo largo de .....



[$\vec{QS}$; $\vec{PR}$; OX]

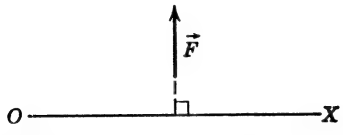
15.



La ..... de $\vec{F}$ a lo largo de OX es .....

[componente; $\vec{F}_x$]

16.



$\vec{F}$ es perpendicular a OX.

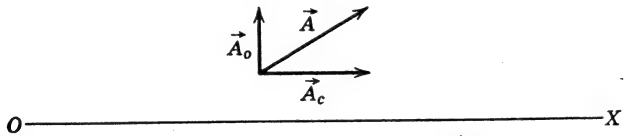
La componente de $\vec{F}$ a lo largo de OX tiene una magnitud de .....

[cero]

17. Si una fuerza actúa ..... a una línea de referencia, su componente a lo largo de esa línea vale cero.

[perpendicularmente, en ángulo recto]

18. Una componente de una fuerza es aquella parte de ella que se considera aplicada a lo largo de, o paralela a una línea dada.



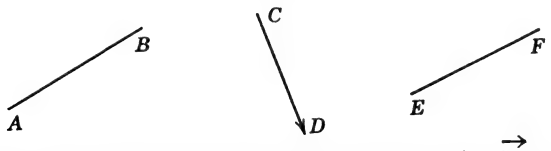
..... es aquella parte de $\vec{A}$ aplicada paralelamente a OX.

[$\vec{A}_c$]

19. Otra cantidad más que hemos encontrado es el desplazamiento. Un desplazamiento es una ..... medida en una ..... definida.

[distancia, longitud; dirección]

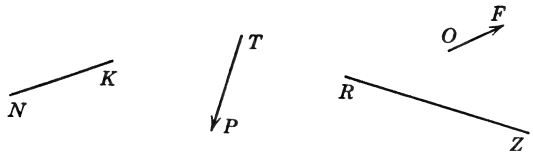
20.



AB y FE son (distancias/desplazamientos). $\vec{CD}$ es una (distancia/desplazamiento).

[distancias; desplazamiento]

21.



¿Cuáles de estas figuras pueden representar desplazamientos?
¿Cuáles pueden representar distancias?

[$\overrightarrow{TP}$, $\overrightarrow{OF}$; NK, RZ]

22. Identifique entre las siguientes, las cantidades que son desplazamientos:

(a) 14 km hacia el Sur
(b) 5 m en dirección 30° Noreste
(c) 20 km
(d) 5 cm hacia abajo
(e) 5×10^{10} m

[(a), (b) y (d)]

23. $\vec{P}$ ⟶

$\vec{T}$ ⟵

$\vec{P}$ y $\vec{T}$ tienen la misma magnitud.
¿$\vec{P} = \vec{T}$? Explique su respuesta.

[No, porque $\vec{P}$ y $\vec{T}$ tienen direcciones diferentes (opuestas).]

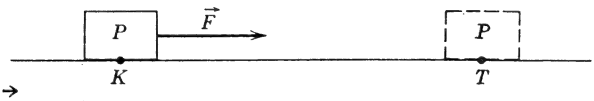
24. Decimos que cuando una fuerza es efectiva para mover un objeto de una posición a otra, el objeto ha sido *desplazado*, y que la ..... está haciendo un .....

[fuerza; trabajo]

25. Una fuerza trabaja cuando ..... un objeto de una posición a otra.

[desplaza]

26.



$\vec{F}$ desplaza a P, de K a T.

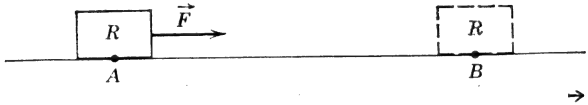
Los físicos describen el ..... hecho por $\vec{F}$, en función de $\vec{F}$ y del desplazamiento ..... (*use letras*).

[trabajo; $\overrightarrow{KT}$]

27. Una descripción matemática del trabajo debe incluir referencias a: (1) ....., y (2) .....

[*En cualquier orden:* fuerza, desplazamiento]

28.



Una ecuación que describa el trabajo que realiza $\vec{F}$ sobre el objeto R en el diagrama anterior, debe incluir tanto a .... como a .... (*use letras*).

[*En cualquier orden:* $\vec{F}$, $\overrightarrow{AB}$]

29. Vea el Panel 35. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[T]

30. Panel 35. Las direcciones de las fuerzas en estas figuras están indicadas por flechas rectas (→). La dirección de los desplazamientos o de las velocidades está indicada por flechas quebradas ( ). En la figura 1, el vector rotulado $\vec{x}$ representa un(a) (fuerza/desplazamiento).

[desplazamiento (es una flecha quebrada) ( )]

31. Panel 35. La figura 1 ilustra el caso más simple posible de una fuerza que realiza un trabajo. $\vec{F}$ es una fuerza constante que produce un ..... (paralelo/paralelo y opuesto/no paralelo) a $\vec{F}$.

[desplazamiento; paralelo]

32. Panel 35. *En el caso de la Fig. 1,* los físicos definen el trabajo como el producto de las *magnitudes* de la fuerza aplicada y del desplazamiento que produce.

$$W = \ldots\ldots \quad (\textit{use letras})$$

[Fx]

33. Panel 35, Fig. 1. El trabajo es una cantidad escalar. Cuando escribimos la ecuación que define el trabajo como el ..... de la ..... aplicada, por el ..... que produce, (usamos/no usamos) las flechas sobre las letras.

[producto; fuerza (fuerza total); desplazamiento; no usamos]

34. Panel 35, Fig. 1. $W =$ .....

[Fx]

35. Panel 35. En la Fig. 2, $\vec{F}$ y $\vec{x}$ (tienen/no tienen) la misma dirección.

[no tienen]

36. Panel 35. La figura 3 representa un caso más complicado de trabajo. $\vec{F}$ y $\vec{x}$ son (paralelos/paralelos y opuestos/no paralelos) entre sí.

[no paralelos]

37. Panel 35, Fig. 2. En este caso, (toda/sólo parte de) $\vec{F}$ es efectiva para producir $\vec{x}$.

[sólo parte de]

38. Panel 35, Fig. 2. La parte de $\vec{F}$ que es efectiva para producir $\vec{x}$ es su ..... paralela a $\vec{x}$. En el diagrama, esta parte está rotulada ....

[componente; $\vec{F}_x$]

39. Panel 35. El trabajo realizado en la Fig. 2 lo definimos como $W = F_x x$, donde $\vec{F}_x$ es la componente de $\vec{F}$ que tiene la misma ..... que ....

[dirección; $\vec{x}$]

40. De la Fig. 2 del Panel 35 podemos generalizar, como sigue: Cuando una fuerza produce un desplazamiento a un ángulo mayor que cero con su propia dirección, realiza una cantidad de trabajo igual al ..... del desplazamiento producido, por la ..... de la fuerza ..... al desplazamiento.

[producto; componente; paralela]

41. Panel 35. Los físicos consideran a la Fig. 1 como un caso especial de la Fig. 2. En la Fig. 1, la componente de $\vec{F}$ paralela a $\vec{x}$ es ....

[$\vec{F}$]

Sección 2. MKS: Unidades de trabajo; Julios, Ergios

1. Trabajo = fuerza × desplazamiento.
Unidades MKS de trabajo = (.....) (metros).

[newtons]

2. En el sistema MKS el trabajo se mide en newton-.....

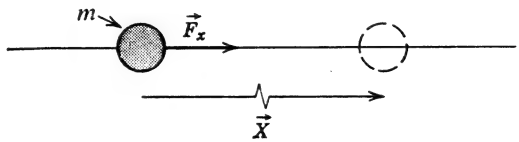
[metros]

3. Se aplica una fuerza de 2 newtons paralelamente al desplazamiento de un objeto, y lo mueve 50 metros.

W = ... (número y unidades)

[$W = F_x x$
W = (2 newtons) (50 metros) = 100 newton-metros]

4.



Una fuerza F_x de 1.5 newtons produce en m un desplazamiento de 20 m. Calcule el trabajo realizado.

[$W = F_x x$ = (1.5 newtons) (20 metros) = 30 newton-metros]

5. Los físicos llaman *julio* al newton-metro. Otra forma de describir el trabajo realizado en el problema anterior es escribir: W = 30 .....

[julios]

6. De ahora en adelante usaremos el "julio" como unidad de trabajo en el sistema MKS. Si la fuerza se mide en ..... y el desplazamiento en ....., el trabajo realizado se medirá en julios.

[newtons; metros]

7. Una fuerza de 12 newtons, actuando en la dirección del desplazamiento da a la masa un desplazamiento de 5 metros. El trabajo realizado por la fuerza es de .....

[60 julios]

8. Panel 35, Fig. 2. F = 100 newtons. Su componente paralela al desplazamiento es de 86 newtons. El desplazamiento producido es 2.5 metros. ¿Qué trabajo hizo $\vec{F}$?

[$W = F_x x$
W = (86 newtons) (2.5 metros)
W = 215 julios]

9. Un newton es aproximadamente ⅛ de libra y 1 metro es aproximadamente 3 pies. Un julio de trabajo es aproximadamente el trabajo realizado cuando usted levanta ⅜ de libra a una altura de .....

[1 pie]

10. El julio es una unidad de trabajo relativamente grande. A veces conviene usar una unidad más pequeña. Suponga que una fuerza de 10 dinas produce un desplazamiento paralelo de 5 cm. El trabajo realizado es de 50 .....

[(10 dinas)(5 cm) = 50 dina/cm]

11. Los físicos llaman *ergio* a la dina-cm. El ergio es (mayor/menor) que el julio.

[menor]

12. Una fuerza de 2.5 dinas produce un desplazamiento paralelo de 20 cm. El trabajo realizado es 50 .....s.

[ergio(s)]

13. Comparemos el ergio con el julio:

1 dina = 10^{-5} newton 1 cm = ... m.
1 ergio = (..... newton)(..... m)
1 ergio = ... julio.

[10^{-2} ó 0.01; 10^{-5}; 10^{-2}; 10^{-7}]

14. Una fuerza de 6 dinas produce un desplazamiento paralelo de 40 cm. El trabajo realizado es ..... (ergios), o sea ..... (julios).

[(6 dinas)(40 cm) = 240 ergios
240 ergios = 240 × 10^{-7} julio = 2.4 × 10^{-5} julio]

Sección 3. Fuerzas que producen un cambio en la velocidad, pero no trabajan. Trabajo negativo

1. Panel 35. Compare las magnitudes de $\vec{F}_x$ en las figuras 2, 3 y 4. Al aumentar el ángulo entre $\vec{x}$ y $\vec{F}$, la magnitud de $\vec{F}_x$ (aumenta/disminuye).

[disminuye]

2. Panel 35. Cuando $\vec{F}$ es perpendicular a $\vec{x}$, $\vec{F}$ (tiene/no tiene) componente paralela a $\vec{x}$. Cuando $\theta = 90°$, $\vec{F}_x =$ .....

[no tiene; 0, cero]

3. Panel 35. La fórmula general (de la Fig. 2) para el trabajo realizado por una fuerza $\vec{F}$ que produce un desplazamiento $\vec{x}$ es: $W =$ .....

[$F_x x$]

4. Panel 35. Aplique esta ecuación a la Fig. 4, donde $\vec{F}_x =$ .... y $W =$ .... (número).

[0; 0]

5. Panel 35. Cuando $\vec{F}$ es aplicada en ángulo recto con $\vec{x}$, la fuerza (realiza/no realiza un trabajo).

[no realiza]

6. Los físicos dicen que cuando se aplica una fuerza a un objeto, y el objeto es desplazado perpendicularmente a la fuerza, esta fuerza .... (*Complete esta oración.*)

[no realiza ningún trabajo]

7. Una fuerza que se aplica ..... (dirección) al desplazamiento sufrido por un objeto, no trabaja.

[perpendicularmente]

8. Panel 35. En la Fig. 6, la fuerza actúa sobre el objeto para mantenerlo en movimiento con rapidez constante en una trayectoria circular. Este objeto está moviéndose siempre .... (dirección) la fuerza.

[perpendicularmente a]

9. Panel 35, Fig. 6. $\vec{F}$ es siempre perpendicular a la dirección en que se mueve el objeto. De acuerdo con nuestra definición de trabajo, $\vec{F}$ (está/no está) haciendo un trabajo. Explique su respuesta.

[no está, porque $\vec{F}$ está aplicada perpendicularmente al desplazamiento del objeto.]

10. Panel 35, Fig. 6. En esta figura, $\vec{F}$ cambia la velocidad del objeto, porque produce un cambio en (la magnitud solamente/la dirección solamente/la magnitud y la dirección) de la velocidad del objeto.

[la dirección solamente]

11. Panel 35, Fig. 6. Esta figura demuestra que una fuerza puede cambiar la (velocidad/rapidez) de un objeto, sin realizar trabajo.

[velocidad]

12. Una fuerza centrípeta (realiza/no realiza) un trabajo. Explique su respuesta.

[no realiza, porque una fuerza centrípeta siempre está aplicada en ángulo recto con la dirección en que se desplaza el objeto.]

13. Una fuerza que cambia la dirección en que se mueve un objeto, y no cambia la magnitud de su velocidad, (realiza/no realiza) un trabajo.

[no realiza]

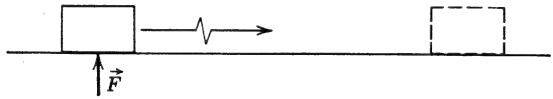
14. El trabajo realizado por una fuerza $\vec{F}$ al producir un desplazamiento $\vec{x}$, depende de las ..... de $\vec{F}$ y $\vec{x}$, y del ángulo (θ) entre ambos. Al aumentar θ, el trabajo realizado por $\vec{F}$ (aumenta/disminuye). ¿Por qué?

[magnitudes; disminuye, porque $\vec{F}_x$ se va haciendo más pequeña.]

15. Panel 35, Fig. 5. La figura representa una fuerza vertical que sostiene un objeto a una *distancia fija* del suelo (por ejemplo, un alambre que sostiene del techo a una lámpara). ¿Realiza $\vec{F}$ algún trabajo? (sí/no). ¿Por qué?

[No. No produce un cambio de posición, $\vec{x} = 0$, etcétera]

16. El objeto de la figura que está abajo se mueve en la dirección de la flecha quebrada. La fuerza $\vec{F}$ es la reacción de la masa al peso del objeto. ¿Realiza algún trabajo $\vec{F}$? ¿Por qué?



[No, porque es ejercida perpendicularmente a la dirección en que se mueve el objeto y, por lo tanto, *no* tiene componente en la dirección del desplazamiento.]

17. Suponga que usted está de pie durante una hora, sosteniendo en sus manos un peso de 2 kg. ¿Ha realizado Ud. algún trabajo? ¿Por qué?

[No, porque no ha habido ningún desplazamiento]

18. Suponga que usted va por un sendero horizontal de 2 km de largo, con un libro que pesa 2 kg sobre su cabeza. ¿Ha realizado usted algún trabajo sobre el libro? ¿Por qué?

[No, porque la fuerza ejercida sobre el libro es perpendicular a la dirección del desplazamiento.]

19. Suponga que una fuerza cambia la velocidad de un objeto. ¿Esto necesariamente significa que la fuerza ha realizado un trabajo? (sí/no). Explique su respuesta.

[No. Puede haber cambiado la dirección, y no la magnitud, de la velocidad del objeto.]

20. Usted se preguntará si el trabajo puede ser tanto positivo como negativo.

$$W = F_x x$$

W será negativo, si [(a) F_x es positiva y x negativo/(b) F_x es negativa y x positivo/(c) F_x y x son negativos].

[a, b]

21. Convengamos en que el desplazamiento producido por una fuerza siempre es positivo. $\vec{F}$ es negativa, si es (paralela/paralela y opuesta) a $\vec{x}$.

[paralela y opuesta]

22. Un objeto sufre un desplazamiento $\vec{x}$. Una fuerza $\vec{F}$ aplicada al objeto es negativa si tiene (la misma dirección/una dirección opuesta a la) de $\vec{x}$.

[una dirección opuesta a la]

23. Considere lo que sucede cuando usted baja un objeto pesado al piso. La dirección del desplazamiento del objeto es hacia (arriba/abajo). La fuerza que usted aplica al objeto, al bajarlo, es hacia (arriba/abajo). El trabajo que usted realiza, cuando baja este objeto al piso, es (positivo/negativo).

[abajo; arriba; negativo]

24. Usted baja un objeto que pesa 10 newtons, una distancia de 2 m. En este caso, las direcciones de la fuerza aplicada y el desplazamiento son (las mismas/opuestas).

El trabajo realizado al bajar este objeto, es de ..... julios.

[opuestas;
$W = F_x x$
$W = (-10 \text{ newtons})(2 \text{ metros})$
$W = -20$ julios (*no olvide el signo menos*).]

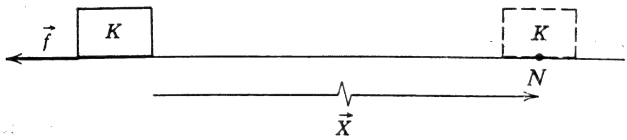
25. Cuando usted levanta un objeto del piso, la fuerza que aplica y el desplazamiento producido tienen (la misma dirección/direcciones opuestas). El trabajo realizado por la fuerza que usted ejerce es (positivo/negativo).

[la misma dirección; positivo]

26. Usted levanta un objeto del piso. Su trabajo es (positivo/negativo). Al mismo tiempo, hay una fuerza gravitacional que la Tierra aplica al objeto. El trabajo realizado por la fuerza gravitacional es (positivo/negativo), porque la fuerza de la gravedad y el desplazamiento producido tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

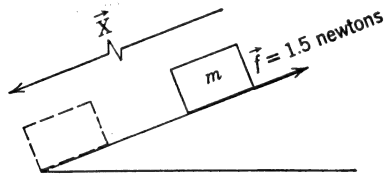
[positivo; negativo; direcciones opuestas]

27. En la figura que sigue, $\vec{f}$ representa la fricción. El trabajo que realiza $\vec{f}$ para poner en reposo a K en N, es (positivo/negativo).



[negativo]

28. m se desliza hacia abajo en este plano inclinado una distancia de 7 metros. Su movimiento es retardado por una fuerza de fricción de 1.5 newtons. Calcule el trabajo realizado por la fricción.



[$W = F_x x$
$W = (-1.5 \text{ newtons})(7 \text{ metros})$
$W = (-10.5 \text{ julios})$ (*no olvide el signo menos*).]

29. El trabajo realizado por las fuerzas de fricción (siempre/nunca/a veces) es negativo, porque la fricción siempre actúa para ..... el movimiento entre dos superficies en contacto.

[siempre; evitar, oponerse a, retardar, etcétera]

Sección 4. Trabajo realizado, por fuerzas no uniformes (variables) Gráficas fuerza-desplazamiento Representación del trabajo en las gráficas fuerza-desplazamiento

1. Vea el Panel 36. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[K]

2. Panel 36. La Fig. 1 es una gráfica de ..... en función de .....

[*En cualquier orden:* la fuerza, el desplazamiento]

3. Panel 36, Fig. 1. La curva que describe la relación entre F_x y x, es una línea ..... paralela al eje de las x. Esto significa que F_x es (constante/variable).

[recta; constante]

4. Panel 36, Fig. 1. Deseamos saber cómo representar gráficamente el trabajo realizado por $\vec{F}_x$. Puesto que $\vec{F}_x$ es constante, el trabajo realizado por dicha fuerza está dado por la ecuación: $W =$ .....

[$F_x x$]

5. Panel 36, Fig. 1. En esta gráfica, la línea $AD = F_x$ y la línea $AB =$ .....

[x]

6. Panel 36, Fig. 1. AD y AB son la altura y la base del ..... (figura geométrica) $ABCD$.
El área de esta figura es el producto .....

[rectángulo; $(AD)(AB)$]

7. Panel 36, Fig. 1.
$W = F_x x$
$F_x = AD$
$x = AB$
$W =$ .....

[$(AD)(AB)$]

8. Panel 36, Fig. 1. El trabajo realizado por F_x está representado gráficamente por el ..... del ....

[área (del) rectángulo $ABCD$]

9. Panel 36, Fig. 1. El trabajo realizado por F_x está representado aquí por el área bajo la ....., que representa la relación entre F_x y x.

[curva (gráfica, línea)]

10. Panel 36, Fig. 1. Representamos el trabajo en una gráfica .....-desplazamiento, por el ..... que hay entre la ..... y el eje del desplazamiento.

[fuerza; área; curva, gráfica]

11. Panel 36, Fig. 1. Aquí hemos representado gráficamente el trabajo realizado por F_x, como el área entre la ..... y el eje del .....

[curva, etc.; desplazamiento]

12. Panel 36. En la Fig. 1, F_x es (constante/variable). Cuando usted estira un resorte la fuerza requerida (aumenta/disminuye) al aumentar su longitud. La fuerza empleada para estirar un resorte es (constante/variable).

[constante; aumenta; variable]

13. Panel 36. Examine la gráfica de la Fig. 2. Esta es una gráfica .....-..... en la cual la fuerza es (constante/variable).

[fuerza-desplazamiento; variable]

14. Panel 36, Fig. 2. En esta gráfica, al aumentar el desplazamiento, la fuerza (aumenta/disminuye). Esta (es/no es) la clase de gráfica que emplearíamos para el estiramiento de un resorte.

[aumenta; es]

15. Panel 36, Fig. 2. Podemos decir que en esta gráfica $\vec{F}_x$ y $\vec{x}$ son (directamente/inversamente) proporcionales.

[directamente]

16. Panel 36, Fig. 2. Sea k una constante de proporcionalidad (en el caso de un resorte se llama *constante de fuerza* del resorte). Entonces, la relación entre F_x y x mostrada en esta gráfica, está expresada en la ecuación: $F_x =$ ....

[kx]

17. Panel 36, Fig. 2. La línea AZ es la curva que describe la relación entre .... y .... El ..... bajo AZ representa el ..... (*Complete esta oración.*)

[*En cualquier orden:* F_x, x; área; trabajo realizado por F_x]

18. Panel 36, Fig. 2. El área bajo esta curva, es el área del ..... (¿qué figura geométrica?).

[triángulo AZN]

19. Panel 36, Fig. 2. La base de este triángulo es (AN); la altura es (NZ). Area $AZN =$ .....

[$\frac{1}{2}(AN)\,(NZ)$]

20. Panel 36, Fig. 2. Pero $AN = x$, y $NZ = F_x$.
Vemos que en esta figura, $F_x = x$.

[k]

21. Panel 36, Fig. 2.
Area $AZN = \frac{1}{2}(AN)(NZ)$.
En función de x y/o k:
$AN =$ .....
$NZ =$ .....
Area $AZN =$ .....

[x; kx; $\frac{1}{2}(x)(kx) = \frac{1}{2}kx^2$]

22. Panel 36, Fig. 2. En función de x y k, el trabajo realizado por F_x en esta figura es: $W =$ .....

[$(\frac{1}{2})kx^2$]

23. El alargamiento de un resorte es un ejemplo de trabajo realizado por una fuerza (constante/variable).

[variable]

24. Panel 36, Fig. 2. Suponga que la constante de fuerza del resorte es de 10 newtons/metro. Calcule el trabajo necesario para alargar el resorte 0.4 metros.

$W =$ ..... julios

[$W = \frac{1}{2}kx^2$
$W = \frac{1}{2}(10 \text{ newtons/metros})(0.4 \text{ metros})^2$
$W = \frac{1}{2}(10 \text{ newtons/metros})(0.16 \text{ m}^2)$
$W = 0.8$ newton-metro $= 0.8$ julio]

25. Panel 36. En la Fig. 3, la gráfica F_x contra x es una línea ..... F_x (es/no es) constante. F_x (es/no es) directamente proporcional a x.

[curva; no es; no es]

26. Panel 36, Fig. 3. El trabajo realizado por F_x para producir un desplazamiento de 0 a 1.2 metros, está representado por .... (*Complete esta oración.*)

[el área bajo la curva *ANP*, el área entre la curva y escala del desplazamiento, etcétera]

27. Panel 36, Fig. 3. El trabajo realizado por F_x es aquí difícil de calcular, pero podemos estimarlo, contando los ..... que hay bajo *ANP*.

[cuadros]

28. Panel 36, Fig. 3. El ..... de cada cuadro representa cierta cantidad de trabajo. Cada cuadro representa ..... julio.

[área; (1 newton)(0.1 metro) = 0.1 julio]

29. Panel 36, Fig. 3. Cuente el número de cuadros completos que hay bajo la curva; agregue a éstos los que usted calcule que se completen, entre los que están cortados por la curva. El total es de aproximadamente ....

[52]

30. Panel 36, Fig. 3. El trabajo realizado por F_x al desplazar el objeto de 0 a 1.2 metros, es ..... (julios).

[52 × 0.1 julio por cuadro = 5.2 julios]

31. Si usted ha cursado trigonometría, pase a la siguiente sección (sección 5). Si *no* ha estudiado este curso, continúe con la sección 6.

Sección 5. Definición general del trabajo como producto escalar de vectores

$$\vec{F} \times \vec{x} = Fx \cos \theta$$

1. (2 cm/seg hacia el Sur) × (3 seg) = 6 cm .....

[hacia el Sur]

2. Cuando multiplicamos una cantidad vectorial por una cantidad escalar, el producto es una cantidad (vectorial/escalar).

[vectorial]

3. (5 cm/seg² al Oeste) × (3 seg) = 15 ..... al Oeste.

[cm/seg]

4. Cuando multiplicamos una cantidad vectorial por una cantidad escalar, las unidades del producto y las unidades del vector original (son/no son) las mismas.

[no son]

5. El producto de un vector por una cantidad escalar es una cantidad ..... con diferentes ..... de las de la cantidad vectorial o escalar originales.

[vectorial; unidades]

6. (40 m/seg 30° al Noreste) × (5 seg) = ... (*cantidad, unidades, dirección*).

[200 m 30° al Noreste]

7. El producto de un vector por una cantidad escalar positiva es un vector cuya dirección es (la misma/diferente de la) del vector original.

[la misma]

8. Surge la cuestión de si podemos multiplicar una cantidad vectorial por otra cantidad vectorial. De hecho, hay diversos métodos de definir el producto de dos vectores. En este capítulo sólo nos interesamos en el producto *puntuado*. "$\vec{F} \cdot \vec{K}$" es un producto ..... de dos cantidades .....

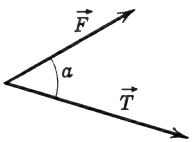
[puntuado; vectoriales]

9. Por regla general podemos indicar una multiplicación con el signo "$\times$" o con el signo "$\cdot$". En la multiplicación vectorial no es lo mismo usar "$\times$" que usar "$\cdot$". Al producto "$\vec{F} \cdot \vec{K}$" lo llamamos producto .....

[puntuado]

10. El producto puntuado de $\vec{A}$ y $\vec{B}$ lo representamos así: .....

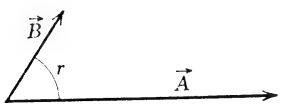
[$\vec{A} \cdot \vec{B}$ ó $\vec{B} \cdot \vec{A}$]

11. 

$\vec{F} \cdot \vec{T} = FT \cos a$

Definimos el producto puntuado de dos vectores como sigue: El producto puntuado de dos vectores es el producto de sus ..... por el coseno del ..... que forman entre sí.

[magnitudes; ángulo]

12. 

$\vec{B} \cdot \vec{A} =$ _____

El producto puntuado de dos vectores implica solamente las magnitudes de los vectores. El producto puntuado de dos vectores (es/no es) un vector mismo.

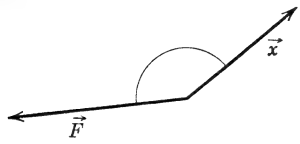
[$BA \cos r$; no es]

13. El producto puntuado frecuentemente se llama producto *escalar*, puesto que contiene las ..... de los vectores originales.

"$\vec{A} \cdot \vec{N}$" es una cantidad .....

[magnitudes; escalar]

14.



$\vec{F} \cdot \vec{x} =$ _____

[$F_x \cos \theta$]

15. Ahora podemos usar el producto ..... o ..... de vectores, para definir el trabajo. Dada una fuerza $\vec{F}$ aplicada para producir un desplazamiento $\vec{x}$, y el ángulo θ que forman entre sí $\vec{F}$ y $\vec{x}$,

Trabajo = ... · ....., o bien,

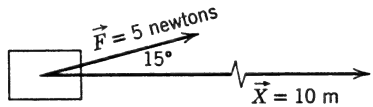
Trabajo = ...

[*En cualquier orden:* puntuado, escalar; $\vec{F} \cdot \vec{x}$; $F_x \cos \theta$]

16. Podemos definir el trabajo realizado por una fuerza, como el .... ó ..... de la fuerza por el desplazamiento que produce.

[producto puntuado (o) escalar]

17.



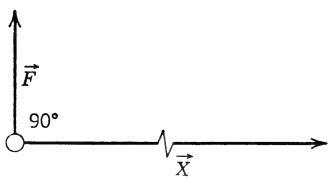
cos 15° = 0.97

$\vec{F} \cdot \vec{x}$ = ... (cantidad y unidades)

[$\vec{F} \cdot \vec{x} = F_x \cos 15°$

$\vec{F} \cdot \vec{x}$ = (5 newtons) (10 m) (0.97) = 48.5 julios]

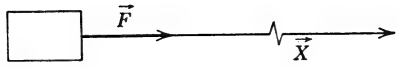
18.



cos 90° = ...

$\vec{F} \cdot \vec{x}$ = ...; por lo tanto, el trabajo realizado por $\vec{F}$ es .....

[0; 0; cero]

19. 

El ángulo entre $\vec{x}$ y $\vec{F}$ es .... grados.

[0]

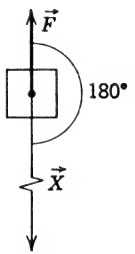
20. Refiérase a la figura del marco anterior.
cos 0° = ...
(1) $\vec{F} \cdot x = Fx \cos 0°$
(2) Simplificando (1): $\vec{F} \cdot \vec{x} =$ ....

[1; F_x]

21. Defina el trabajo, en función de los vectores fuerza y desplazamiento presentes.

[Trabajo es el producto escalar (o puntuado) del vector fuerza por el vector desplazamiento.]

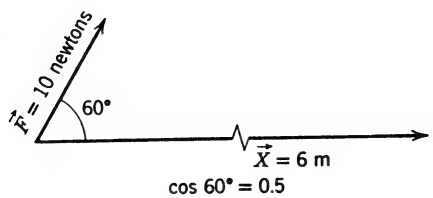
22. cos 180° = ...



[− 1]

23. Véase la figura del cuadro anterior.
Trabajo = $\vec{F} \cdot \vec{x}$
= $F_x \cos 180°$
= .....

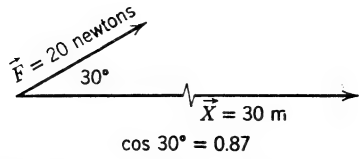
[− F_x]

24. 

Trabajo = ... julios

[$F_x \cos 60° =$ (10 newtons) (6 metros) (0.5)
Trabajo = 30 julios]

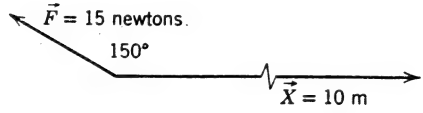
25.



Calcule el trabajo realizado por esta fuerza.

[Trabajo $= F_x \cos \theta$
Trabajo = (20 newtons) (30 metros) (cos 30°)
Trabajo = (20 newtons) (30 metros) (0.87)
Trabajo = 522 julios]

26.

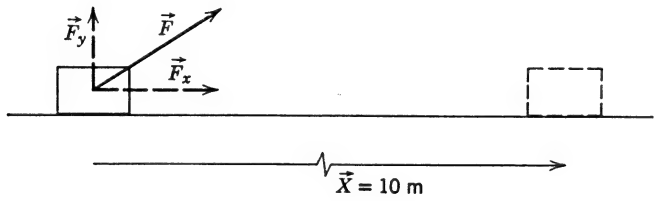


Calcule el trabajo realizado por $\vec{F}$.
(Atención: ¿Cuál es el cos 150°?)

[Trabajo $= F_x \cos 150°$; cos 150° = − 0.866
Trabajo = (10 newtons) (10 m) (−0.866)
Trabajo = − 130 julios]

Sección 6. Problemas y repaso

1.



$\vec{F}$ = 5 newtons
$\vec{F}_x$ = 4 newtons
$\vec{F}_y$ = 3 newtons

El trabajo realizado en desplazar este objeto 10 metros, es de ..... julios.

[Trabajo $= F_x x$
Trabajo = (4 newtons) (10 metros) = 40 julios]

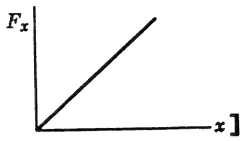
2. En el cuadro anterior, el trabajo realizado por $\vec{F}_y$ es de ..... julios. Explique su respuesta.

[cero; $\vec{F}_y$ es la componente de $\vec{F}$ perpendicular al desplazamiento.]

3. Dibuje una gráfica fuerza-desplazamiento que describa el alargamiento de un resorte. Suponga que la constante de fuerza del resorte es de 5 newton/metro. Escriba ecuaciones para: (1) F_x en función de x, y (2) el trabajo realizado en el alargamiento del resorte, en función de x.

[(1) $F_x = 5x$

(2) Trabajo $= (\frac{1}{2})\ (5)x^2 = \dfrac{5\,x^2}{2}$



4. El trabajo realizado por una fuerza que alarga un resorte es (positivo/negativo). *Explique su respuesta.*

El trabajo realizado por el resorte al estar siendo alargado, es (positivo/negativo). *Explique su respuesta.*

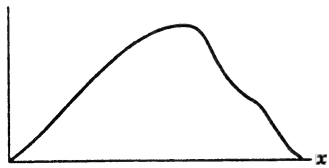
[positivo, porque la fuerza de alargamiento y el desplazamiento tienen la misma dirección.
negativo, porque la fuerza ejercida por el resorte es *opuesta* al desplazamiento.]

5. ¿Qué trabajo se realiza al bajar un peso de 200 newtons, de una altura de 20 metros, a una de 5 metros?

[Trabajo $= -F_x x$ (el signo menos indica que $\vec{x}$ y $\vec{F}$ tienen direcciones opuestas.)
Trabajo $= -(200$ newtons$)\,(15$ metros$)$
Trabajo $= -3000$ julios]

6. Se requiere una fuerza centrípeta de 5 newtons para mantener constante la rapidez de una masa de 0.5 kg. El trabajo realizado por esta fuerza es de ..... julios.

[cero]

7. 

En este diagrama, el trabajo realizado por F_x está representado por ..... (*Complete esta oración.*)

[el área bajo la curva]

8. Cuando la fuerza se mide en dinas y el desplazamiento en cm, la unidad que se usa para medir el trabajo es el .....

[ergio]

9. 1 julio = ... ergios.

[10^7]

10. El trabajo es una medida de la ..... de una fuerza para producir un cambio en la ..... o en la ..... del objeto al cual se aplica.

[efectividad; *en cualquier orden:* posición, rapidez]

11. Cuando calculamos el trabajo que realiza una fuerza al producir un desplazamiento, sólo consideramos su componente (paralela/perpendicular) al desplazamiento producido.

[paralela]

12. Si la componente de $\vec{F}$ que realiza el trabajo es paralela a $\vec{x}$, el trabajo realizado es (positivo/negativo).

Si la componente de $\vec{F}$ que realiza el trabajo es paralela y opuesta a $\vec{x}$, el trabajo realizado es (positivo/negativo).

[positivo; negativo]

13. De las cantidades siguientes, diga usted cuáles son cantidades vectoriales y cuáles son cantidades escalares:

(*a*) desplazamiento .....
(*b*) momento .....
(*c*) trabajo .....
(*d*) fuerza .....
(*e*) impulso .....

[(*a*) vectorial
(*b*) vectorial
(*c*) escalar
(*d*) vectorial
(*e*) vectorial]

PROBLEMAS

1. Un estudiante aplica una fuerza de 5 newtons, paralelamente al desplazamiento de un objeto, moviéndolo 40 metros. ¿Cuál es el trabajo realizado?

2. Se aplica la misma fuerza, a 30° con el desplazamiento dado en el problema 1. ¿Cuánto trabajo se realiza ahora? (cos 30° = 0.866).

3. Un estudiante que pesa 210 newtons sube por una rampa de 100 metros de largo y alcanza una altura de 20 metros. ¿Cuánto trabajo realizó? En seguida repite la subida con un bulto de 20 newtons sobre su espalda. ¿Cuánto trabajo hizo?

4. Una fuerza de 3 newtons produce un desplazamiento paralelo de 33 metros. Calcule el trabajo ejecutado en (*a*) julios, (*b*) ergios.

5. Se realizan cuarenta julios de trabajo cuando una fuerza de 20 newtons produce un desplazamiento paralelo a ella. Calcule el desplazamiento.

6. Un automóvil que peso 5000 newtons y cuyo motor está inservible, es empujado por dos hombres que aplican una fuerza de 50 newtons cada uno. ¿Cuánto trabajo realizan al empujar el automóvil 100 metros?

7. Un peso de 20 newtons sostenido por una cuerda es bajado 5 metros. ¿Cuánto trabajo se hizo?

8. Si un resorte tiene una constante de fuerza de 5 newton/metros, ¿cuánto trabajo se desarrolla al alargar el resorte ½ metro?

9. Calcule el trabajo realizado por el campo gravitacional al caer una masa de 10 kg desde una altura de 15 metros.

10. Si $\vec{F}$ vale 10 newtons, $\vec{F}_x$ 8 newtons y $\vec{F}_y$ 6 newtons, y el desplazamiento es de 20 metros en dirección horizontal, ¿qué trabajo se hizo, en julios?

11. En el problema 10, ¿cuál es el trabajo realizado por $\vec{F}_y$?

12. Un peso de 100 newtons es bajado desde una altura de 40 metros hasta una de 10 metros. ¿Qué trabajo se hizo?

13. Si se requiere una fuerza centrípeta de 10 newtons para mantener a una masa de 2 kg moviéndose con rapidez constante, ¿cuál es el trabajo realizado, y por qué?

14. Un funicular es jalado hacia arriba en una montaña por una fuerza de 10^3 newtons, con una rapidez de 2 metros/seg. Emplea 10 minutos en llegar a la cima. ¿Cuánto trabajo se desarrolló? Suponiendo que el vehículo se movió a 4 metros/seg, ¿cuál es el trabajo realizado en este caso?

15. Una losa de pizarra que pesa 400 newtons descansa en un piso horizontal. La losa tiene 2 metros de largo. ¿Cuánto trabajo se realiza al ponerla en posición vertical? *Sugestión:* Use el centro de gravedad como base para sus cálculos.

16. Un motor eleva una carga de concreto de 100 newtons a una altura de 20 metros, en 4 seg. ¿Cuál es el trabajo realizado? Otra máquina eleva la misma carga a la misma altura, en 5 seg. ¿Cuánto trabajo realiza?

CAPITULO 8

ENERGIA CINETICA Y ENERGIA POTENCIAL

Sección 1. Trabajo realizado cuando una fuerza total cambia la rapidez de un objeto

$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

$E_k = \frac{1}{2}mv^2$

Energía cinética respecto a un sistema de referencia

1. Una persona plena de energía puede realizar mucho trabajo. Definimos la ..... como la capacidad para realizar .....

[energía; trabajo]

2. En el capítulo anterior dijimos que una ..... realiza un trabajo cuando ..... un objeto, de una posición a otra.

[fuerza; desplaza]

3. Las fuerzas se emplean para cambiar la posición de un objeto, mover objetos que están en reposo, cambiar las ..... de objetos que ya están moviéndose. Conforme a la segunda ley de Newton, una fuerza total mayor que cero produce una ..... en un objeto.

[velocidades; aceleración]

4. En el capítulo anterior vimos que una fuerza que cambia la dirección en que se mueve un objeto, sin cambiar su rapidez, (trabaja/no trabaja).

[no trabaja]

5. Una fuerza total que cambia la rapidez de un objeto, (trabaja/no trabaja).

[trabaja]

6. Una aceleración puede producir un cambio en la magnitud o en la dirección de la velocidad, o un cambio en ambas. Cuando consideramos

el trabajo realizado por una fuerza, nos conciernen solamente cambios en la (magnitud/dirección) de la velocidad.

[magnitud]

7. Sea F_x la componente de una fuerza, paralela o antiparalela al desplazamiento de una masa m en movimiento. F_x cambia la (magnitud solamente/dirección solamente/magnitud y dirección) de la velocidad de m.

[magnitud solamente]

8. El trabajo hecho por F_x cuando es aplicada a m a lo largo de una distancia x, es $W =$ .....

[$F_x x$]

9. $W = F_x x$
Pero F_x es una fuerza total mayor que cero. Produce una aceleración a. En función de m y de la aceleración que produce, $F_x =$ .....

[ma]

10. (1) $W = F_x x$
(2) $F_x = ma$
(3) Sustituyendo en (1) F_x por ma: $W =$ .....

[max]

11. (1) $W = F_x x$
(2) $F_x = ma$
(3) $W = max$
(4) Si v_1 es la rapidez de m precisamente antes de aplicar F_x, y v_2 es la rapidez después de haber aplicado F_x durante Δt seg, entonces, $a =$ ..... (en función de v_1 v_2 y Δt).

[$\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$]

12. (1) $W = F_x x$
(2) $F_x = ma$
(3) $W = max$
(4) $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$
(5) Sustituyendo en (3) a dada por (4): $W =$ .....

[$m \frac{(v_2 - v_1)}{\Delta t} x$]

13. x representa la distancia recorrida por m en un tiempo Δt. Sea $\bar{v}$ = velocidad *media* de m durante este tiempo.

distancia = velocidad media · tiempo

..... = ... · .....

(*Use los símbolos mencionados arriba.*)

[$x = \bar{v} \cdot \Delta t$]

14. En el capítulo 2 vimos que para el movimiento uniformemente acelerado:

$$\bar{v} = \frac{v_2 + v_1}{\qquad}$$

[2]

15. En función de v_1, v_2 y Δt, x = ...

[$\left(\frac{v_2 + v_1}{2}\right)\Delta t$]

16. (1) $W = F_x x$
(2) $F_x = ma$
(3) $W = max$
(4) $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$
(5) $W =$ .....
(6) Pero $x = \left(\frac{v_2 + v_1}{2}\right)\Delta t$
(7) En función de v_1, v_2 y m, $W =$ .....

[(5) $W = m\left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}\right)x$

(7) $W = m\left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}\right)\left(\frac{v_2 + v_1}{2}\right)\Delta t$]

17. $W = m\left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}\right)\left(\frac{v_2 + v_1}{2}\right)\Delta t$

Simplifique $(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)$ multiplicándolos.

Entonces $W = \frac{m}{2}$ (.....)

[$v_2^2 - v_1^2$]

18. El trabajo realizado por una fuerza total F_x cuando cambia la rapidez de una masa, de v_1 a v_2, se encuentra por la ecuación: $W =$ ..... ; o bien, multiplicando el paréntesis, $W =$ .....

[$W = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2)$

$W = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ ó

$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$]

19. Definimos la energía cinética de un objeto, como el semiproducto de su masa por el cuadrado de su rapidez. La energía cinética de una masa m que se mueve con una rapidez v, está dada por la expresión: .....

[$\frac{1}{2}mv^2$ ó $mv^2/2$]

20. "$\frac{1}{2}mv_2^2$" representa la .... de una masa m que se mueve a una ..... v_2.

[energía cinética; rapidez]

21. Hemos visto que $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$.

En palabras: el trabajo realizado sobre un objeto en movimiento, produce un ..... en su energía .....

[cambio; cinética]

22. En el sistema MKS, el trabajo se mide en ..... Puesto que la energía se define, generalmente, como la ..... para realizar un ....., la energía (se puede/no se puede) medir en las mismas unidades.

[julios; capacidad; trabajo; se puede]

23. Una masa de 5 kg está moviéndose con una rapidez de 2 m/seg en el momento en que se le aplica una fuerza total paralela, hasta que alcanza una velocidad de 10 m/seg. El trabajo hecho por esta fuerza es de ..... julios.

[$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

$W = \frac{1}{2}(5\text{ kg})(10\text{ m/seg})^2 - \frac{1}{2}(5\text{ kg})(2\text{ m/seg})^2$

$W = \frac{1}{2}(5\text{ kg})(100\text{ m}^2/\text{seg}^2) - \frac{1}{2}(5\text{ kg})(4\text{ m}^2/\text{seg}^2)$

$W = 250\text{ julios} - 10\text{ julios}$

$W = 240\text{ julios}$]

24. Una masa de 10 kg en reposo, es acelerada hasta tener una rapidez de 12 m/seg.
En este caso, $v_1 =$ ..... m/seg
$v_2 =$ ..... m/seg
El trabajo hecho es $W =$ ..... julios.

[0; 12
$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(10)(144) - \frac{1}{2}(10)(0) = 720$ julios]

25. Se usa la fricción para detener a una masa de 6 kg moviéndose originalmente a 10 m/seg.
En este caso, $v_1 =$ ..... m/seg
$v_2 =$ ..... m/seg
El trabajo hecho por la fricción es: $W =$ ..... julios.

[10; 0
$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(6)(0) - \frac{1}{2}(6)(100) = -300$ julios]

26. Se aplica una fuerza total paralela y constante de 10 newtons a una masa en movimiento, sobre una distancia de 10 metros. La masa del objeto es 2 kg. El trabajo desarrollado por la fuerza es ..... julios.

[$W = F_x =$ (10 newtons) (10 metros) = 100 julios]

27. Refiérase a los datos del cuadro anterior. Suponga que m estaba inicialmente en movimiento, con una rapidez de 2 m/seg. Calcule su velocidad después de haber retirado la fuerza.

[Trabajo $= \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$
100 julios $= \frac{1}{2}(2)v_2^2 - \frac{1}{2}(2)(2)^2$
100 julios $= v_2^2 - 4$
$v_2^2 = 104$
$v_2 = 10.2$ m/seg]

28. Una masa en reposo (tiene/no tiene) energía cinética.
Una masa en movimiento tiene energía cinética (directamente/inversamente) proporcional a su ..... y al cuadrado de su .....

[no tiene; directamente; masa; rapidez]

29. La energía cinética de una masa es su aptitud para realizar trabajo, debido a que está en (movimiento/reposo).

[movimiento]

30. Un objeto en movimiento, a menudo desplaza a otro objeto, antes de detenerse o retardarse él mismo, por efecto de la interacción. En otras palabras: una masa en movimiento posee .....

[energía, energía cinética]

31. En general, definimos la energía como .... (*Complete esta oración.*)

En particular, podemos definir la energía cinética, como la energía que posee una masa, debido a .....

[la aptitud para realizar trabajo; que está en movimiento]

32. La energía ..... de una masa en movimiento, es una medida del ..... que puede realizar, antes de detenerse.

[cinética; trabajo]

33. Cuando decimos que una masa se mueve con una rapidez de 10 m/seg, debe entenderse que se mueve con esta rapidez, respecto a algún sistema de referencia. Si *A* se mueve a 50 m/seg hacia el Norte, respecto a la Tierra, y B se mueve a 20 m/seg hacia el Norte, respecto a la Tierra, entonces la velocidad de *A* respecto a *B* se de .... m/seg.

[30]

34. Siempre que no especifiquemos un sistema de referencia, se supone que una rapidez se mide .... la Tierra.

[respeto a]

35. Nuestras mediciones de masa (lo son/no lo son) respecto a un sistema de referencia. Nuestras mediciones de energía cinética (lo son/no lo son) respecto a un sistema de referencia.

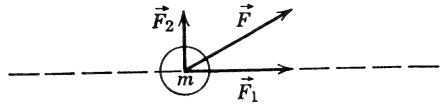
[no lo son; lo son]

36. Una masa de 2 kg se mueve a 30 m/seg hacia el Oeste, respecto a la Tierra. Una nave cohete se mueve en la misma dirección, a 10 m/seg. La energía cinética de la masa de 2 kg, respecto a la Tierra, es de ..... julios. La energía cinética de esta misma masa, respecto a la nave cohete, es de ..... julios.

[$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2)\,(900) = 900$ julios.
Respecto a la nave cohete, la velocidad de la masa es 20 m/seg.
$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2)\,(400) = 400$ julios.]

37. Repaso. Si una fuerza produce un cambio en la rapidez de una masa, el trabajo realizado por la fuerza es una medida del ..... en la .... de la masa.

[cambio; energía cinética]

38. 

$\vec{F}_1$ produce un cambio en la (magnitud/dirección) de la velocidad de m.

$\vec{F}_1$ (produce/no produce) un cambio en su energía cinética.

$\vec{F}_2$ produce un cambio en la (magnitud/dirección) de la velocidad de m.

$\vec{F}_2$ (produce/no produce) un cambio en su energía cinética.

[magnitud; produce; dirección; no produce]

39. Repaso. Una fuerza total aplicada en la misma dirección en que se mueve una masa, (aumenta/disminuye) la energía cinética de la masa. *Explique su respuesta.*

[aumenta, porque aumenta la magnitud de la velocidad, lo que significa un aumento de energía cinética]

40. Repaso. Una fuerza total aplicada perpendicularmente a la trayectoria en que se mueve una masa, (cambia/no cambia) su energía cinética. *Explique.*

[No cambia, porque no trabaja sobre la masa; cambia únicamente la dirección de su velocidad, y no su magnitud, etcétera]

41. Repaso. Una fuerza aplicada en sentido paralelo y opuesto al movimiento de una masa, (aumenta/disminuye) su energía cinética. *Explique.*

[disminuye, porque una fuerza paralela y opuesta hace un trabajo *negativo;* puesto que disminuye la magnitud de la velocidad de la masa.]

42. Repaso. Una masa m es acelerada por una fuerza F_x, de una rapidez v_1 a una rapidez v_2. El trabajo realizado por F_x está dado por la ecuación: $W =$ .....

[$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$]

43. Repaso. Se aplica una fuerza total F_x en sentidos paralelo o paralelo y opuesto al movimiento de una masa m, sobre una distancia x. Produce un cambio en la rapidez, de u a w. Escriba una ecuación que relacione entre sí a F_x, x, m, u y w.

[$F_x x = \frac{1}{2}mw^2 - \frac{1}{2}mu^2$, o bien,
$F_x x = \frac{1}{2}m(w^2 - u^2)$, o bien,

$$F_x x = \frac{mw^2}{2} - \frac{mu^2}{2}$$]

44. Repaso. Una masa m se mueve con una velocidad u. Escriba una ecuación para su energía cinética (E_k).

[$E_k = \frac{1}{2}mu^2$]

45. Repaso. Una masa m de 5 kg se mueve con una rapidez de 10 m/seg. Calcule su energía cinética.

[$E_k = \frac{1}{2}mv^2$
$E_k = \frac{1}{2}(5)\,(100)$
$E_k = 250$ julios]

46. Repaso. En el sistema MKS usamos ..... para medir energía cinética.

[julios]

47. Repaso. La energía cinética de una masa en movimiento está en ..... con el sistema de referencia respecto al cual se mide su .....

[relación; rapidez]

Sección 2 Energía potencial de posición $U = mgy$ Energía potencial elástica

1. Levantamos una masa m lentamente, desde la superficie de la Tierra hasta una altura y. Suponga que la fuerza que empleamos es F. El trabajo realizado para producir este desplazamiento, está dado por la ecuación: $W =$ .....

[Fy]

2. Para levantar a m, debemos ejercer una fuerza por lo menos igual a su .....

[peso]

3. El peso de una masa m, sobre la superficie de la Tierra o cerca de ella, en función del campo gravitacional, o ..... de la gravedad (g), está dado por la ecuación $F_w =$ .....

[aceleración; mg]

4. Levantamos una masa m desde la superficie de la Tierra hasta una altura y, con velocidad uniforme. La magnitud de la fuerza requerida es igual al producto mg. En función de m, g y el desplazamiento y, el trabajo realizado es: $W =$ .....

[mgy (puesto que $W = Fy$, y $F = mg$)]

5. $W = mgy$.

Esta ecuación nos permite calcular el trabajo realizado al mover una masa m con velocidad (constante/variable). El trabajo realizado es (directamente/inversamente) proporcional a la masa, la altura y la .....
.....

[constante; directamente; aceleración de la gravedad]

6. Cuando realizamos trabajo sobre una masa para aumentar su rapidez, el trabajo se transforma en energía ..... de la masa.

[cinética]

7. Al levantar una masa m hasta una altura y, a velocidad *constante*, hemos realizado trabajo igual al producto mgy. ¿Cambia este trabajo la energía cinética de m? (Sí/no). *Explique.*

[No, porque *no ha habido cambio* en la magnitud de la velocidad de m. La masa ha sido levantada con rapidez constante.]

8. Probablemente el trabajo realizado al levantar m a una altura y, se haya transformado en otra clase de energía. Podremos demostrar que m, a la altura y, posee alguna clase de ....., si debido a su ubicación en y, tiene la aptitud para ....

[energía; realizar trabajo]

9. m está a la altura y, respecto a la Tierra. Suponga que la dejamos caer. Su ..... aumentará.

[rapidez]

10. Al caer m de la altura y, su energía ..... aumenta.

[cinética]

11. Cuando m ha caído toda la altura y, tiene una rapidez v. Su energía cinética está dada por la ecuación: $E_k =$ .....

[$\frac{1}{2}mv^2$]

12. En el capítulo 2 estudiamos el movimiento uniformemente acelerado. Para cualquier forma de movimiento uniformemente acelerado, a partir del reposo, $v^2 =$ ....., donde a = aceleración y d = distancia recorrida.

[$2ad$]

13. $v^2 = 2ad$.

Para una masa que cae libremente de una altura y, justamente antes de tocar el suelo: $d =$ ....; $a =$ ....; $v^2 =$ ..... (*Use símbolos.*)

[y; g; $2gy$]

14. Cuando m ha caído una distancia y, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$.
Pero $v^2 = 2gy$. Por lo tanto $E_k =$ ..... (en función de m, y y g).

[$E_k = \frac{1}{2}mv^2$
$E_k = \frac{1}{2}m(2gy)$
$E_k = mgy$]

15. El trabajo realizado al levantar m a una altura y, y la energía cinética adquirida por m al caer desde la altura y, son (iguales/desiguales).

[iguales]

16. El trabajo desarrollado al levantar m a la altura y, puede recuperarse en forma de energía ....., permitiendo a m caer desde la altura ....

[cinética; y]

17. En otras palabras, una masa m que esté a una altura y del suelo, tiene cierta cantidad de energía *potencialmente* disponible en forma de ...., si se le permite caer. En función de la masa, la altura y la aceleración de la gravedad, esta energía *potencial* es igual a .....

[energía cinética; mgy]

18. Debido al hecho de que se ha realizado un trabajo al levantar una masa m a una altura y, la masa tiene una energía ..... en y igual al producto mgy.

[potencial]

19. Sea U la energía potencial. $U =$ ..... (*en símbolos*).
Si m, g y y se miden en unidades MKS, la energía potencial se mide en .....

[mgy; julios]

20. Sea U la energía potencial. $U =$ ..... (*en símbolos*).
Suponga que levantamos una masa de 2 kg, a una altura de 5 m.
Hemos dado a la masa una energía potencial de ..... julios.

[mgy;
$U = (2\text{ kg})(9.8\text{ m/seg}^2)(5\text{ m}) = 98$ julios]

21. $U = mgy$.
Puesto que la masa de un objeto y la aceleración de la gravedad en la cercanía de la superficie de la Tierra son relativamente constantes, la energía potencial de una masa depende de su .....
(*Complete esta oración*).

[altura sobre el suelo]

22. Sin embargo, la altura es una cantidad relativa. Suponga que usted sostiene un libro a 1 m arriba de la cubierta de una mesa, y que la cubierta de la mesa está 1.5 m arriba del piso. La altura del libro, respecto al piso, es de .... m. La altura del libro, respecto a la cubierta de la mesa, es de .... m.

[2.5; 1]

23. En el cuadro anterior, la energía potencial del libro, respecto a la cubierta de la mesa, es (igual/desigual) a su energía potencial respecto al piso.

[desigual]

24. La energía potencial de una masa (es/no es) una cantidad absoluta. Su magnitud se mide ..... a algún sistema de referencia.

[no es; respecto]

25. La energía potencial de una masa depende de su *posición* respecto a algún sistema de .....

[referencia]

26. Esto se debe a que la energía potencial depende de la variable .... en mgy, la cual también se mide ..... a algún .....

[y; respecto; sistema de referencia]

27. La energía potencial de una masa, debida a su altura sobre algún sistema de referencia, a menudo es llamada su energía potencial de posición, debido a que su magnitud depende de su ..... respecto a algún sistema de referencia.

[posición, altura]

28. $U = mgy$.

Esta ecuación nos da la energía ..... de ..... de una masa m a una altura y sobre un .....

[potencial; posición; sistema de referencia]

29. Una masa de 10 kg descansa en una repisa que está a 2.5 m del piso de una habitación; el cual, a su vez, está a 10 m sobre el suelo del exterior. Calcule la energía potencial de la masa respecto: (a) a la repisa, (b) al piso, (c) al suelo exterior.

[(a) $U = mgy = (10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/seg}^2)(0 \text{ m}) = 0$
(b) $U = mgy = (10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/seg}^2)(2.5 \text{ m}) = 245$ julios
(c) $U = mgy = (10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/seg}^2)(12.5 \text{ m}) = 1225$ julios]

30. En el capítulo 7 vimos que el trabajo realizado para estirar un resorte con una constante de fuerza k por una distancia x, está dado por la ecuación $W =$ .....

[$\frac{1}{2}kx^2$]

31. Cuando un resorte ha sido estirado una distancia x, puede realizar un trabajo igual a .....

[$\frac{1}{2}kx^2$]

32. Un resorte estirado (o comprimido) es *potencialmente* apto para realizar trabajo, debido al hecho de que se ha realizado un ..... para estirarlo (o comprimirlo). A esta aptitud para realizar trabajo, la llamamos su energía ..... *elástica.*

[trabajo; potencial]

33. Para calcular la energía potencial de ..... usamos la ecuación:

$$U = mgy$$

Para calcular la energía potencial ..... usamos la ecuación: $U = \frac{1}{2}kx^2$.

[posición; elástica]

34. Un resorte de masa m y constante de fuerza k es levantado a una altura y, sobre algún sistema de referencia. Una vez ahí, es estirado una longitud x. Una ecuación para su energía potencial total (U_t), en función de m, k, x, g, y y, será:

$$U_t = \text{.....}$$

[$mgy + \frac{1}{2}kx^2$]

35. Un resorte con una masa de 0.2 kg y una constante de fuerza de 0.5 newton/m es estirado 0.4 m. Calcule su energía potencial elástica.

[$U = \frac{1}{2}kx^2$
$U = \frac{1}{2}(0.5 \text{ newton/metro})\,(0.16 \text{ m}^2)$
$U = 0.04$ julios]

36. Calcule la energía potencial total del resorte del cuadro anterior, si su altura respecto al sistema de referencia empleado es de 2 m.

[$U = mgy + \frac{1}{2}kx^2$
$U = (0.2 \text{ kg})\,(9.8 \text{ m/seg}^2)\,(2 \text{ m}) + 004$ julios
$U = 3.92$ julios $+ 0.04$ julios
$U = 3.96$ julios]

Sección 3. Energía mecánica Conservación de la energía mecánica

1. Definimos la energía *mecánica*, E_m, de un sistema, como la suma de su energía potencial, U, más su energía cinética, E_k. E_m = ...

[$U + E_k$]

2. Trabajo y energía son cantidades (vectoriales-escalares). El impulso total de un sistema (es/no es) una suma vectorial. La energía mecánica total de un sistema (es/no es) una suma vectorial.

[escalares; es; no es]

3. Examinemos ahora lo que sucede a la energía cinética y a la energía potencial de un objeto, al caer al suelo, desde una altura y. Refiérase al Panel 37. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[P]

4. Panel 37. Cuando m está en reposo en y, su energía cinética vale .....

[cero, 0]

5. Panel 37. En y, la energía potencial de m, respecto al suelo, es U = ...

[mgy]

6. Panel 37. A la altura y la energía mecánica total es: E_m = ...

[0 + mgy, ó mgy]

7. Panel 37. Se deja caer libremente a m. Despreciamos la resistencia del aire y cualesquier fuerzas externas, excepto la atracción gravitacional de la Tierra. Esto significa que la masa m y la Tierra. constituyen un sistema .....

[aislado]

8. Panel 37. Se deja caer a m libremente. La mitad de su altura de caída es .....

[$y/2$]

9. Panel 37. A medio camino en su caída, la energía potencial de m es U = ...

[$mgy/2$]

10. Panel 37. A la altura $y/2$, la velocidad de m es v. A la mitad de su altura de caída, la energía cinética de m es: $E_k = \ldots\ldots$

[$\frac{1}{2}mv^2$]

11. Panel 37. v es la velocidad de m después de haber caído una distancia $y - y/2 = \ldots\ldots$

En general, para un cuerpo en caída libre a partir del reposo, $v^2 = 2gd$. En este caso, $v^2 = \ldots\ldots$

[$y/2$; $2g(y/2)$, o gy]

12. Panel 37. A media altura de caída, $E_k = mv^2/2$, o, sustituyendo v^2:

$$E_k = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$U = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$E_m = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

[$E_k = (m/2)(gy)$, puesto que $v^2 = gy$
$U = mgy/2$
$E_m = mgy/2 + mgy/2 = mgy$]

13. Panel 37. A media altura de caída, las energías potencial y cinética son ambas (iguales a/diferentes de) como eran a la altura total. La energía mecánica es (igual a/menor que/mayor que) como era a la altura total.

[diferentes de; igual a]

14. Panel 37. Este es un sistema ..... Hemos visto que, por lo menos para $y/2$, la energía mecánica total del sistema (se ha/no se ha) conservado.

[aislado; se ha]

15. Panel 37. Veamos si esto es válido para otras posiciones de m en su caída. Cuando m ha caído $\frac{3}{4}y$, está a una distancia ..... del suelo.

[$y/4$]

16. Panel 37. La energía potencial de m en el punto $y/4$ sobre el suelo, es $U = \ldots\ldots$

[$mgy/4$]

17. Panel 37. $v^2 = 2gd$, donde *d es la distancia que ha recorrido m en su caída.*

En $y/4$, $d = \ldots\ldots$, y $v^2 = \ldots\ldots$

[$3y/4$; $v^2 = 2g(3y/4) = 3gy/2$]

18. Panel 37. En $y/4$:

$$\left.\begin{aligned} U &= \ldots\ldots\ldots \\ E_k &= \ldots\ldots\ldots \\ E_m &= \ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right\} \text{ en función de } m, g \text{ y } y$$

[$U = mgy/4$
$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(3gy/2) = (3/4)mgy$
$E_m = mgy/4 + (3/4)mgy = mgy$]

19. Panel 37. En $y/4$, la energía mecánica del sistema (es/no es) a en y. La energía mecánica del sistema (se ha/no se ha) conservado.

[es; se ha]

20. Panel 37. Cuando m toca el suelo, $U =$ ..... y $E_k =$ ..... (en función de m, g y y).

[$U = mg(0) = 0$
$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2gy) = mgy$]

21. Panel 37. Al nivel del suelo (parte de/toda) la energía potencial disponible a la altura máxima se ha convertido en energía cinética. Podemos decir que la energía mecánica total del sistema se ha .....

[toda; conservado]

22. Panel 37. Las únicas fuerzas que se supone actuando aquí son aquellas entre la masa m y ..... Hemos supuesto que factores tales como la fricción y la resistencia del aire (son/no son) despreciables, y que éste (es/no es) un sistema aislado.

[la Tierra; son; es]

23. Panel 37. Hemos demostrado que, para un sistema aislado, la energía ..... total se ha .....

[mecánica; conservado]

24. En el panel 37 hemos demostrado la ley de la ..... de la energía mecánica. Esto significa que para cualquier sistema ....., la ..... de las energías ..... y ..... permanece constante.

[conservación; aislado; suma; *en cualquier orden:* cinética, potencial]

25. Panel 37. Sean y_1 y v_1 la altura y la velocidad de una masa m en cualquier momento dado, y y_2 y v_2 la altura y la rapidez en cualquier otro momento dado, cuando m está en movimiento.

$U_1 =$ ..... $E_{k_1} =$ .....
$U_2 =$ ..... $E_{k_2} =$ .....

[$U_1 = mgy_1$
$U_2 = mgy_2$
$E_{k_1} = \frac{1}{2}mv_1^2$
$E_{k_2} = \frac{1}{2}mv_2^2$]

26. De acuerdo con la ley de la conservación de la energía mecánica, $U_1 + E_{k_1} =$ .....

[$U_2 + E_{k_2}$]

27. También podemos enunciar la ley de la .... en la forma: $\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1 =$ .....

[conservación de la energía mecánica; $\frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2$]

28. $E_{k_1} + U_1 = E_{k_2} + U_2$
Restando a ambos miembros E_{k_1} y U_2, esta ecuación se convierte en: .....

[$U_1 - U_2 = E_{k_2} - E_{k_1}$]

29. $U_1 - U_2 = E_{k_2} - E_{k_1}$.
$E_{k_2} - E_{k_1}$ representa un ..... en la energía .....
$U_1 - U_2$ representa un ..... igual en la energía ....., durante una interacción entre masas, en un sistema aislado.

[cambio; cinética;
cambio; potencial]

30. Hemos visto que cuando una ..... realiza ..... se producen *cambios* en las energías cinética y potencial.

[fuerza; trabajo]

31. ¿Qué fuerza es la que realiza el trabajo en el Panel 37, y qué ocasional el cambio que tiene lugar en las energías cinética y potencial de m?

[la fuerza de gravedad]

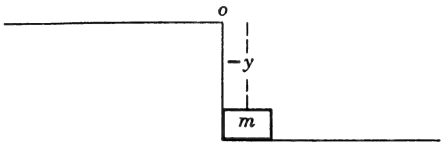
Sección 4. Interpretación de la energía potencial negativa Energía potencial gravitacional a grandes distancias de la superficie de la Tierra

$$U = -\frac{GMm}{r}$$

1. $U = mgy$.

El valor de U es respecto a la posición desde la cual medimos .... (*letra*)

[y]

2. 

Suponga que o es nuestro punto de referencia. La energía potencial de m es $U =$ .....

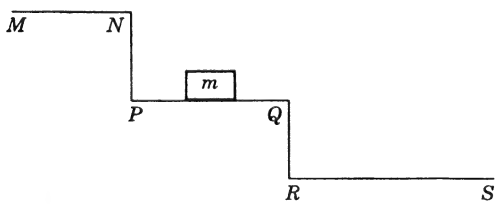
[$mg(-y)$ ó $-mgy$]

3. Refiérase al diagrama del cuadro anterior. m es una masa de 5 kg que está en un pozo de 20 metros de hondo. La energía potencial de m, respecto a la parte superior del pozo, es de ..... julios.

[U = (5 kg) (9.8 m/seg^2) ($-$20 m)
$U = -$ 980 julios]

4. La energía potencial de la masa, en el fondo del pozo, es de $-$ 980 julios. Otra forma de expresar este hecho es decir que deben ejecutarse ..... julios de ..... para hacer que la energía ..... de m se vuelva cero.

[980; trabajo; potencial]

5. 

Sea *PQ nuestro nivel de referencia* en este diagrama. En *PQ*, $U =$ ..... julios. El mover m, de *PQ* a *MN*, requiere ..... La energía potencial de m respecto a *RS*, es (positiva/negativa), y respecto a *MN*, es (positiva/negativa).

[0, cero; trabajo; positiva; negativa]

6. Cuando m está situada en el punto de referencia, su energía potencial de posición es .....

[cero]

7. Una masa puede realizar trabajo si su energía potencial respecto a un punto de referencia es (positiva/negativa).

[positiva]

8. Si es necesario realizar un trabajo, para que la energía potencial U de una masa se vuelva cero, entonces la energía potencial de la masa es (positiva/negativa).

[negativa]

9. Hasta ahora hemos considerado la energía potencial de posición para distancias y, sobre la superficie de la Tierra o cerca de ella. Hemos supuesto que $U = mgy$ depende principalmente del valor de ...., puesto que para cualquier valor de y cercano a la superficie de la Tierra, ... siempre es constante, y .... es prácticamente constante.

[y; m; g]

10. Para grandes distancias sobre la superficie de la Tierra (por ejemplo, las distancias a que están los satélites terrestres, etc.), en la fórmula $U = mgy$, ... permanece constante, pero la magnitud de .... cambia, porque la magnitud del campo ..... depende de la distancia medida desde .....

[m; g; gravitacional; el centro de la Tierra]

11. Para grandes distancias sobre la superficie de la Tierra, (podemos/no podemos) usar $U = mgy$, donde $g = 9.8$ m/seg^2.

[no podemos]

12. Llamamos energía potencial gravitacional de una masa, a la energía que posee dicha masa debido a su posición en el campo gravitacional de la Tierra. mgy es una medida de la .... de una masa; se aplica solamente cuando la masa se localiza .....

[energía potencial gravitacional; en la superficie de la Tierra o cerca de ella]

13. Cuando m está a gran distancia de la Tierra, necesitamos otra ecuación para expresar su energía potencial gravitacional. Los físicos juzgan

conveniente fijar el punto de referencia para esta energía potencial, en $r =$ infinito (∞).

En $r = \infty$, $U =$ ..... (*número*).

[0, cero (puesto que la energía potencial de posición vale cero en el punto de referencia)]

14. r es una distancia medida desde el centro de la Tierra. Si $U = 0$ cuando $r = \infty$, entonces para cualquier valor de r menor que el infinito, el valor de U será (positivo/negativo), porque el trabajo (lo realizará m/tendrá que ejecutarse sobre m) para hacer que $r = \infty$.

[negativo; tendrá que ejecutarse sobre m]

15. Los físicos han escogido $r = \infty$ como punto de referencia para la energía potencial gravitacional a grandes distancias de la Tierra. Esto significa que la energía potencial gravitacional, medida desde este punto de referencia, siempre es (positiva/negativa).

[negativa]

16. Si representamos con m cualquier masa en el campo gravitacional de la Tierra, y con M la masa de la Tierra,

$U_r = -\dfrac{GMm}{r}$ es la ecuación para la .... de m, a una distancia r del centro de la Tierra. G es la constante de la ....

[energía potencial gravitacional; gravitación universal]

17. $U = mgy$ es una ecuación para la energía potencial de ..... de una masa situada .....

[posición; en la superficie de la Tierra o cerca de ella]

18. Dada una masa m a una distancia r del centro de la Tierra, su energía potencial gravitacional está dada por la ecuación: $U_r =$ .....

[$-\dfrac{GMm}{r}$ (*no olvide el signo menos.*)]

19. $U_r = -\dfrac{GMm}{r}$.

El signo menos indica que debe realizarse un ..... para mover a m a una distancia $r =$ ...., que es el .... desde el cual se mide la energía potencial gravitacional.

[trabajo; ∞; punto de referencia]

20. Repaso. Siempre que se deba realizar un trabajo, para llevar a su nivel de referencia a una masa, la energía potencial de dicha masa es (positiva/negativa). Siempre que m realiza el trabajo para moverse a su nivel de referencia, su energía potencial es (positiva/negativa).

[negativa; positiva]

21. Repaso. La ecuación para la energía potencial gravitacional de una masa m que está a una distancia r del centro de la Tierra, es $U =$ .....

$[-\frac{GMm}{r}]$

22. Repaso. Explique la razón de ser y el significado del signo menos en la ecuación de la energía potencial gravitacional.

[Los físicos han escogido el punto de referencia en $r = \infty$. Cualquier valor real de r es menor que ∞; de ahí que deba realizarse un trabajo sobre m para llevarla hacia $r = \infty$, es decir, para alejarla del centro de la Tierra.]

Sección 5. La conservación de la energía en la solución de problemas de movimiento
La fricción y la no conservación de la energía mecánica

1. Vea el panel 38. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[M]

2. Panel 38. En la Fig. 1, a una masa m se le permite deslizarse hacia abajo en un plano inclinado. Su energía potencial en la parte superior del plano está dada por la ecuación: $U =$ ..... (*en símbolos*).

[*mgy*]

3. Panel 38, Fig. 1. Al pie del plano, la energía potencial $U =$ ..... (*número*).

[0, cero]

4. Panel 38, Fig. 1. En la parte superior del plano m está en reposo antes de comenzar a deslizarse hacia abajo, y su energía cinética $E_k =$ .....

[0, cero]

5. Panel 38, Fig. 1. La energía mecánica total de m en la parte superior del plano, es E_m = ... (*símbolos*).

[$0 + mgy = mgy$]

6. Panel 38, Fig. 1. Despreciando la fricción, la energía mecánica total de m se ..... a lo largo de su movimiento de bajada por el plano. Al pie del plano, E_m = ... (*símbolos*).

[conserva; mgy]

7. Panel 38, Fig. 1. La energía potencial al pie del plano es .....; la energía mecánica total en ese punto es ..... (*símbolos*). La energía cinética al pie del plano, despreciando la ....., debe ser ..... (*símbolos*).

[cero; mgy; fricción; mgy]

8. Panel 38, Fig. 1. Suponga que m tiene una rapidez u en al pie del plano. Su energía cinética al pie del plano está dada por la ecuación: E_k = ...

[$\frac{1}{2}mu^2$]

9. Panel 38, Fig. 1. Despreciando la fricción, al pie del plano $\frac{1}{2}mu^2$ = ... (*símbolos*).

[mgy]

10. Panel 38, Fig. 1. $\frac{1}{2}mu^2 = mgy$, si suponemos que la fricción es ..... Esta ecuación nos da un método muy conveniente de encontrar la rapidez de m al pie del plano. Dividiendo ambos miembros de la ecuación entre m y multiplicando ambos miembros por 2: u^2 = ...

[despreciable, muy pequeña, inexistente; $2gy$]

11. Panel 38, Fig. 1. Al pie del plano, $u^2 = 2gy$, por lo tanto, u = ...

[$\sqrt{2gy}$]

12. Panel 38, Fig. 1. $u = \sqrt{2gy}$.

La rapidez de m, al pie del plano inclinado, depende de la (longitud/altura) del plano. No depende de la (longitud/altura) del plano. (Depende/no depende) de la masa del objeto.

[altura; longitud; no depende]

13. Panel 38, Fig. 1. Para deducir esta relación entre la altura de un plano y la rapidez de m al pie del mismo, usamos la ley de la .... de la energía ....., la cual supone que factores tales como la fricción, la resistencia del aire, etc., son .....

[conservación; mecánica; despreciables, muy pequeños]

14. Despreciando la fricción, etc., la rapidez de m al pie del plano, depende solamente de la ..... del plano, y puede calcularse con la ecuación: $u =$ .....

[altura; $\sqrt{2gy}$]

15. Panel 38, Fig. 1. Ahora consideraremos el efecto de fuerzas externas como la fricción. En este caso, cierta cantidad de la energía disponible en la parte superior del plano debe usarse para vencer a la .....

[fricción]

16. Panel 38, Fig. 1. No toda la energía ..... disponible en la parte superior del plano es transformada en .... al pie del plano. $\frac{1}{2}mu^2$ es (igual a/mayor que/menor que) mgy.

[potencial; energía cinética; menor que]

17. Panel 38, Fig. 1. Sea f la fuerza requerida para vencer la fricción. f es ejercida a lo largo de una distancia l. El trabajo realizado contra la fricción es $W =$ ....

[fl]

18. Panel 38, Fig. 1. La energía potencial disponible en la parte superior del plano es (1) convertida en .... al pie del mismo, y (2) usada para vencer la .....

$$mgy = \text{.....} + \text{.....}$$

[energía cinética; fricción;
$\frac{1}{2}mu^2 (+) fl$]

19. Panel 38, Fig. 1. $mgy = \frac{1}{2}mu^2 + fl$.
Despeje u en esta ecuación.

[$u = \sqrt{2(gy - fl/m)}$]

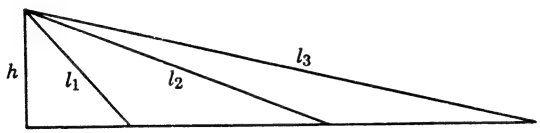
20. Panel 38, Fig. 1. Cuando consideramos la fricción, la rapidez de m al pie del plano depende de la ..... del plano, la ..... del mismo, la ..... del objeto y la fuerza de .....

[*En cualquier orden:* altura; longitud; masa; fricción]

21. En general, si consideramos la influencia de fuerzas tales como la fricción, la resistencia del aire, etc., la energía cinética al pie de un plano inclinado es (mayor/menor) que la energía potencial que hay en la parte superior del mismo. La diferencia es producida por .... (*Complete esta oración.*)

[menor; el trabajo necesario para vencer la fricción]

22.



l_1, l_2 y l_3 representan tres planos inclinados con la misma altura. *Despreciando la fricción*, la rapidez de un objeto que se desliza cuesta abajo en el plano, sería:

(1) La misma al pie de l_1, l_2 ó l_3.

(2) Mayor al pie de l_1 que al pie de l_3.

Conteste (1) o (2) y explique.

[(1) porque, despreciando la fricción, la rapidez al pie del plano depende solamente de la altura (h) del plano, y *no* de su longitud.]

23. Vea la figura del cuadro anterior. Suponiendo que las fuerzas de fricción sobre l_1, l_2 y l_3 son iguales, la mayor parte de la energía potencial empleada para vencer a la fricción sería la que se usara en ($l_1/l_2/l_3$), y la rapidez de un objeto sería máxima al pie de ($l_1/l_2/l_3$).

[l_3; l_1]

24. Panel 38. En la Fig. 2, la energía potencial de m (en reposo) en el punto s es: $U_s =$ .....

[mgy]

25. Panel 38, Fig. 2. Despreciando la fricción, la energía mecánica total en cualquier punto, mientras m está en movimiento en la curva, es: $E_m =$ ..... (*en símbolos*).

[mgy]

26. Panel 38, Fig. 2. La energía potencial de m en A es $U_a =$ .....

[$mg(y/3) = mgy/3$]

27. Panel 38, Fig. 2. Sea u_a la velocidad de m en el punto A. Conforme a la ley de la conservación de la energía mecánica:

..... = ... + ... (en función de m, g, y, u_a)

[$mgy = \dfrac{mgy}{3} + \frac{1}{2}mu_a^2$]

28. Panel 38, Fig. 2. En el punto A: $mgy = \frac{mgy}{3} + \frac{mu_a^2}{2}$

Despeje u.

$$u = \ldots\ldots\ldots$$

[$\sqrt{4gy/3}$]

29. Panel 38, Fig. 2. La rapidez de m en el punto A depende únicamente de su ..... original, suponiendo que la ....

[altura; fricción es despreciable]

30. Panel 38, Fig. 2. Deduzca una ecuación para la rapidez de m en el punto B. Llámela u_b.

[$mgy = mg(3y/4) + \frac{1}{2}mu_b^2$

$\frac{1}{2}mu_b^2 = mgy - \frac{3mgy}{4}$

$u_b^2 = 2gy - \frac{6gy}{4}$

$u_b^2 = \frac{4gy - 3gy}{2}$

$u_b = \sqrt{\left(\frac{gy}{2}\right)}$]

31. Panel 38, Fig. 2. Sea u_c la rapidez de m en el punto C. Despreciando la fricción, $mgy =$ .....

[$\frac{1}{2}mu_c^2$]

32. Panel 38, Fig. 2. Ahora, si tomamos en cuenta la fricción, $\frac{1}{2}mu_c^2$ es algo (mayor/menor) que la energía mecánica total disponible en el punto s.

[menor]

33. Panel 38, Fig. 2. Sea m una masa de 10 kg, inicialmente en reposo en el punto s. Despreciando la fricción, calcule su rapidez en el punto C, si $y = 10$ m.

[$\frac{1}{2}mu_c^2 = mgy$

$u_c^2 = 2gy$

$u_c = \sqrt{2gy}$

$u_c = \sqrt{2 \times 9.8 \times 10}$

$u_c = 14$ m/seg]

34. Panel 38, Fig. 1. Sea m una masa de 10 kg que está en la parte superior del plano. $y = 10$ metros y $l = 25$ metros. Calcule la rapidez de m al pie del plano, si m comienza a moverse a partir del reposo, en la parte superior del plano. Desprecie la fricción.

[$\frac{1}{2}mu^2 = mgy$
$u^2 = 2gy$
$u = \sqrt{2gy}$
$u = \sqrt{2(9.8)(10)}$
$u = 14$ m/seg]

35. Panel 38. En la Fig. 1, m se mueve en una trayectoria ..... En la Fig. 2, se mueve en una trayectoria ..... Si despreciamos la fricción, la rapidez al final de la trayectoria (depende/no depende) de la clase de trayectoria. (Depende/no depende) de la altura original.

[rectilínea; curva; no depende; depende]

36. Panel 38. Suponiendo que en las Figs. 1 y 2 las fuerzas de fricción son las mismas, la trayectoria seguida en la Fig. 1 es (más larga/más corta) que la seguida en la Fig. 2. El trabajo realizado contra la fricción, en la Fig. 1 es (mayor/menor) que en la Fig. 2.

[más corta; menor]

37. Panel 38, Figs. 1 y 2. Haciendo la misma suposición que hicimos en el cuadro anterior, la energía cinética de m al final de la trayectoria, en la Fig. 2 es (mayor/menor) que en la Fig. 1. Explique su respuesta.

[Menor; porque la trayectoria es más larga, empleándose una mayor parte de la energía potencial disponible al principio de la trayectoria, para vencer a las fuerzas de fricción.]

38. En un sistema aislado, la transformación de la energía potencial en energía cinética y viceversa, (depende/no depende) de las trayectorias seguidas.

[no depende]

Sección 6. Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética, en:
(1) interacciones perfectamente elásticas,
(2) interacciones inelásticas, y
(3) interacciones completamente inelásticas

1. Se dice que un sistema de masas es aislado, si la .... aplicada a él, es .....

[fuerza total externa; despreciable, muy pequeña, etc.]

2. En nuestro estudio de la cantidad de movimiento, vimos que cuando dos o más masas en un sistema aislado interaccionan entre sí, la .... total del sistema se ..... Expresado en símbolos: ..... = ...

[cantidad de movimiento; conservó; $\Delta\vec{P} = 0$]

3. Las masas m_1 y m_2 constituyen un sistema aislado. Sus velocidades antes de la interacción son $\vec{u}_1$ y $\vec{u}_2$, y después de la interacción son $\vec{v}_1$ y $\vec{v}_2$. Usando estas cantidades, escriba una ecuación que exprese la ley de la conservación de la cantidad de movimiento.

[$m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$]

4. La ley de la conservación de la cantidad de movimiento es, probablemente, el más fundamental de los principios de conservación de la física. Con respecto a las transformaciones de la energía, hemos estudiado un principio similar que se llama ley de ....

[la conservación de la energía mecánica]

5. Vea el Panel 39. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[W]

6. Panel 39. m_1 y m_2 constituyen un sistema aislado. Los vectores se han dibujado a escala, para que sus longitudes representen sus ..... relativas.

[magnitudes, rapideces]

7. Panel 39. Antes de la interacción, la rapidez de m_1 es (mayor/menor) que la de m_2.

[mayor]

8. Panel 39. Esto significa que m_1 alcanzará a m_2 y chocará con ella. Antes de que ocurra esta interacción, la cantidad de movimiento del sistema es $\vec{P} =$ ..... (*en símbolos*).

[$m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$]

9. Panel 39. Después de la interacción, la cantidad de movimiento del sistema es $\vec{P}' =$ ..... (*en símbolos*).

[$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$]

10. Panel 39. Conforme a la ley de la conservación de la cantidad de movimiento ..... = ... (Use m_1, m_2, u_1, etc.).

[$m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$]

11. Panel 39. Ahora apliquemos a esta situación la ley de la conservación de la energía mecánica. Suponemos que tanto m_1 como m_2 se mueven horizontalmente al nivel del suelo. La energía potencial del sistema, respecto al suelo, es ..... antes y después de la interacción.

[cero]

12. Panel 39. Esto significa que podemos limitar nuestra atención a las energías ..... de m_1 y m_2, antes y después de la interacción. La energía cinética total antes de la interacción, es $E_k =$ .....

[cinéticas; $\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$]

13. Panel 39. La energía cinética total, después de la interacción, es $E_k' =$ .....

[$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$]

14. Panel 39. Si dos o más masas en un sistema aislado interaccionan, y la *energía cinética total* se conserva después de la interacción, decimos que la interacción es *perfectamente elástica.* Si la interacción entre m_1 y m_2 es perfectamente elástica, entonces podemos escribir la ecuación: .....

[$\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$, ó: $E_k = E_k'$]

15. Panel 39. Siempre que en una interacción la energía cinética total del sistema *no se conserva,* decimos que la interacción es *inelástica.* Cuando la energía cinética se conserva, se dice que la interacción es ....

[(perfectamente) elástica]

16. Los mejores ejemplos de interacciones perfectamente elásticas que tenemos, son las interacciones entre partículas atómicas y subatómicas. En estos casos, las medidas muestran que la energía cinética total (se/no se) conserva.

[se]

17. En interacciones entre objetos mayores que los átomos, las medidas generalmente muestran que la energía cinética total no se conserva. Tales interacciones se llaman .....

[inelásticas]

18. En un sistema aislado, si una interacción es perfectamente elástica o inelástica, su ..... total se conserva.

[cantidad de movimiento]

19. En cualquier sistema aislado de masas, la cantidad de movimiento total (siempre/a veces) se conserva. La energía cinética total (siempre/a veces) se conserva.

[siempre; a veces]

20. En un sistema aislado, tanto la cantidad de movimiento como la energía cinética se conservan, si la interacción es .....
(*Complete esta oración*).

[(perfectamente) elástica]

21. Suponiendo un sistema aislado, si una interacción de masas es inelástica, entonces su energía cinética total (se/no se) conserva; su cantidad de movimiento total (se/no se) conserva.

[no se; se]

22. La forma extrema de interacción inelástica ocurre cuando dos masas se adhieren entre sí y se mueven como una sola masa después de la interacción. En este caso, la cantidad de movimiento total (se/no se) conserva; la energía cinética total (se/no se) conserva.

[se; no se]

23. Cualquier interacción en la que no se conserve la ...., es una interacción inelástica.

[energía cinética total]

24. Panel 39. Suponga que medimos las velocidades $\vec{v}_1$ y $\vec{v}_2$ y encontramos que:

$$\tfrac{1}{2}m_1u_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2u_2^2 > \tfrac{1}{2}m_1v_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2v_2^2$$

¿Qué clase de interacción indica esto?

[inelástica]

25. m_1 y m_2 interaccionan en un sistema aislado. Después de la interacción se unen, moviéndose con una velocidad $\vec{v}$. Antes de la interacción se movían con velocidades $\vec{u}_1$ y $\vec{u}_2$.

$$m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 \ (=/\neq) \ (m_1 + m_2)\vec{v}$$
$$\tfrac{1}{2}m_1u_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2u_2^2 \ (=/\neq) \ \tfrac{1}{2}(m_1 + m_2)v$$

[=; ≠]

26. La interacción descrita en el cuadro anterior es (perfectamente elástica/inelástica/completamente inelástica).

[perfectamente inelástica]

27. Si las masas del cuadro 25 no se hubieran unido entre sí después de la interacción apartándose la una de la otra, a velocidades $\vec{v}_1$ y $\vec{v}_2$, y $\tfrac{1}{2}m_1u_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2u_2^2 = \tfrac{1}{2}m_1v_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2v_2^2$, diríamos que la interacción fue (perfectamente elástica/inelástica/completamente inelástica).

[perfectamente elástica]

28. Suponga que: $m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$, y que:

$$\tfrac{1}{2}m_1u_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2u_2^2 > \tfrac{1}{2}m_1v_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2v_2^2.$$

La interacción entre m_1 y m_2 *es* (perfectamente elástica/inelástica/perfectamente inelástica).

[inelástica]

Sección 7. Análisis matemático de las interacciones elásticas

$$w = \frac{2u}{N+1} \quad \text{y} \quad v = u\left(\frac{1-N}{N+1}\right)$$

1. Vea el Panel 40. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[N]

2. Panel 40. Suponga que a y b son dos masas iguales y que la interacción es perfectamente elástica. Suponiendo que se trata de un sistema aislado, podemos escribir dos ecuaciones que impliquen a m, u, v y w:

. . . . . .
. . . . . .

[$mu = mv + mw$
$\tfrac{1}{2}mu^2 = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}mw^2$]

3. Panel 40. Dividiendo ambas ecuaciones entre m, y multiplicando la segunda ecuación por 2, obtenemos dos ecuaciones en función de u, v y w. Estas son:

..... y .....

[$u = v + w$
$u^2 = v^2 + w^2$]

4. Panel 40. Ahora resolvemos este sistema de ecuaciones, despejando v y w, en función de u.

(1) $u = v + w$
(2) Despejando v en (1): $v =$ .....

[$v = u - w$]

5. Panel 40.

(1) $u = v + w$
(2) $v = u - w$
(3) $u^2 = v^2 + w^2$
(4) Sustituya v en (3), con $(u - w)$ de (2).

Despejando w: $w =$ ..... ó ..... (Recuerde que esta ecuación es cuadrática, y por lo tanto w tiene *dos* soluciones).

[$u^2 = v^2 + w^2$
$u^2 = (u - w)^2 + w^2$
$u^2 = u^2 - 2uw + w^2 + w^2$
$2w^2 - 2uw = 0$
$2w(w - u) = 0$
$2w = 0 \qquad w - u = 0$
$w = 0$, o sea $w = u$]

6. Panel 40. Examinemos ahora el significado físico y la razonabilidad de nuestras respuestas.

Supongamos que $w = 0$; entonces, la masa b habría permanecido .... antes y después de la interacción, y la rapidez de a, después de la interacción, tendría que haber sido igual a .... (*letra*).

[en reposo; u]

7. Panel 40. Para hacer esto, a tendría que haber pasado a través de b, sin afectar su rapidez en lo absoluto. Por esta razón debemos rechazar la solución $w =$ ....

[0]

8. Panel 40. La otra solución es $w =$ .... Esto significa que, después de la interacción, la masa b tiene la misma rapidez que la de la masa a (antes/después) de la interacción.

[u; antes]

9. Panel 40. Sustituyendo w con $w = u$ en $v = u - w$, obtenemos $v =$ .... Describa el movimiento de la masa a, después de la interacción.

[0; la masa a está en reposo]

10. Panel 40. Tenemos evidencia experimental de la validez de este análisis. Repase los Paneles 27 a 34. ¿Cuál de ellos ilustra la clase de interacción que acabamos de analizar?

[28]

11. Panel 40. Ahora supongamos que $m_a = m$, y $m_b = 2m$, y que la naturaleza del sistema y la interacción permanecen iguales. Deduzca dos ecuaciones que relacionen a u, v y w. Desarrolle.

[(1) $mu = mv + 2mw$
(2) $\frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2m)w^2$
(3) Divida (1) y (2) entre m y multiplique (2) por 2.
$u = v + 2w$
$u^2 = v^2 + 2w^2$]

12. Panel 40.
(1) $u = v + 2w$
(2) $u^2 = v^2 + 2w^2$
(3) Despejando v en (1): v = ...
(4) Sustituyendo v en (2) con lo anterior, y despejando w:
$w =$ ..... ó .....

[(3) $v = u - 2w$
(4) $u^2 = v^2 + 2w^2$
$u^2 = (u - 2w)^2 + 2w^2$
$u^2 = u^2 - 4uw + 4w^2 + 2w^2$
$6w^2 - 4uw = 0$
$2w(3w - 2u) = 0$
$w = 0$ ó $w = 2u/3$]

13. Panel 40. Evalúe el significado físico de $w = 0$.

[Es físicamente imposible, puesto que significa que b permanezca en reposo después de la interacción, mientras a pasa a través de él.]

14. Panel 40, Fig. 1. Rechazamos la solución $w = 0$, y aceptamos la solución $w = 2u/3$. Esto significa que $v =$ ....., en función de u (recuerde que $v = u - 2w$).

[$v = u - 2w$

$$v = u - 2\left(\frac{2u}{3}\right)$$

$$v = u - \frac{4}{3}u$$

$$v = -\frac{1}{3}u$$ (Piense: ¿qué significado tiene el signo menos?)]

15. Panel 40. Cuando $m_{\bar{b}} = 2m_a$, después de la interacción, la rapidez de *a* es (igual a/menor que/mayor que) su rapidez antes de la interacción, y se mueve en (la misma dirección/dirección opuesta).

[menor que; dirección opuesta]

16. Panel 40. Ahora despeje w y v, cuando $m_a = m$, y $m_{\bar{b}} = 3m$.

$$\left.\begin{aligned} w &= \ldots\ldots\ldots\ldots \\ v &= \ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right\}$$ en función de u. Desarrolle.

[(1) $mu = mv + 3mw$

$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(3m) \cdot w^2$

(2) $u = v + 3w$ ó $v = u - 3w$

$u^2 = v^2 + 3w^2$

(3) $u^2 = (u - 3w)^2 + 3w^2$

$u^2 = u^2 - 6uw + 9w^2 + 3w^2$

$12w^2 - 6uw = 0$

$6w(2w - u) = 0$

$w = 0$ (deséchelo); y $\mathbf{w = \frac{1}{2}u}$

(4) $v = w - 3w = u - \frac{3}{2}u = -\frac{1}{2}\mathbf{u}$]

17. Panel 40. Cuando $m_{\bar{b}} = 3m_a$, v y w, que son las rapideces de m_a y m_b (antes/después) de la interacción, son (iguales/desiguales), y tienen (la misma dirección/direcciones opuestas).

[después; iguales; direcciones opuestas]

18. Panel 40. Ahora deduciremos una ecuación general para describir v y w, cuando $m_{\bar{b}}$ es cualquier número N veces mayor que m_a. En este caso general, si $m_a = m$, entonces $m_b = \ldots\ldots$

[Nm]

19. Panel 40. Deduzca dos ecuaciones en función de N, u, v y w.

[$mu = mv + Nmw$

$\boxed{u = v + Nw}$

$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Nmw^2$

$\boxed{u^2 = v^2 + Nw^2}$]

20. Panel 40.

(1) $u = v + Nw$

(2) $u^2 = v^2 + Nw^2$

(3) De (1): $v = \ldots\ldots\ldots$

(4) Sustituyendo v en (2) con (3):
$u^2 = u^2 - 2uNw + N^2w^2 + Nw^2$
o escrito en forma de ecuación cuadrática:
..... $= 0$.

[(3) $u - Nw$
(4) $N^2w^2 + Nw^2 - 2uNw$]

21. $N^2w^2 + Nw^2 - 2uNw = 0$.
Sacando el factor común a los monomios:
.....(.....) $= 0$.

[$Nw(Nw + w - 2u) = 0$]

22. $Nw(Nw + w - 2u) = 0$.
$w =$ ..... (rechácelo)
$Nw + w - 2u = 0$
$Nw + w = 2u$
Sacando el factor w: .....(.....) $= 2u$.

[0; $w(N + 1)$]

23. $w(N + 1) = 2u$
$w =$ .....

[$\frac{2u}{(N + 1)}$]

24. Panel 40. Dado $\frac{m_b}{m_a} = N$, la rapidez de m_b después de la interacción, está dada por la ecuación: .....

[$w = \frac{2u}{N + 1}$]

25. Panel 40, Fig. 1. $w = \frac{2u}{N + 1}$
Ahora despeje v en función de u y N. $v =$ .....

[$v = u - Nw$

$v = u - N\left(\frac{2u}{N + 1}\right)$

$v = \frac{(N + 1)u - 2Nu}{N + 1}$

$v = \frac{u(N + 1 - 2N)}{N + 1} = \frac{u(1 - N)}{N + 1}$]

26. Panel 40. $w = \frac{2u}{N+1}$; $v = u\left(\frac{1-N}{N+1}\right)$

Examine estas ecuaciones. Cuando es mayor que 1, es decir, siempre que m_a es (mayor/menor) que m_b, el valor de v es (positivo/negativo), y después de la interacción, m_a y m_b se mueven en direcciones (iguales/opuestas).

[menor; negativo; opuestas]

27. Panel 40. $w = \frac{2u}{N+1}$, y $v = u\left(\frac{1-N}{N+1}\right)$

Suponga que m_b es mucho más grande que m_a; entonces N se vuelve (muy grande/muy pequeño). La rapidez de m_b, después de la interacción, es (muy grande/muy pequeña).

[muy grande; muy pequeña]

28. Panel 40. $w = \frac{2u}{N+1}$, $v = u\left(\frac{1-N}{N+1}\right)$

Al hacerse m_b mucho más grande que m_a, N se hace infinitamente (grande/pequeña), la magnitud de w tiende a ..... (número), y la magnitud de v tiende a .... (letra).

[grande; 0, cero; u]

29. Cuando se deja caer una pelota de acero sobre una placa de acero fija a la Tierra, y rebota en ella, suponemos que la interacción tiene lugar entre la pelota y la Tierra. En este caso suponemos que (la pelota/la Tierra) retrocede muy poco, porque N es (muy grande/muy pequeña).

[la Tierra; muy grande]

30. La rapidez de retroceso de la pelota de acero es (menor que/igual a/mayor que) la de la Tierra, y tiene (la misma dirección/dirección opuesta).

[mayor que; dirección opuesta]

31. Panel 40. Suponga que $m_a = 2$ kg y $m_b = 10$ kg, y que $u = 10$ m/seg.
$N =$ ..... (*número*)
Calcule la rapidez de m_a y m_b, después de la interacción.
$v =$ ..... m/seg
$w =$ ..... m/seg

[$N = \frac{m_b}{m_a} = \frac{10\text{ kg}}{2\text{ kg}} = 5$

$v = u\left(\frac{1-N}{N+1}\right) = 10\text{ m/seg}\left(\frac{-4}{6}\right)$

$v = -6.6$ m/s

$w = \frac{2u}{N+1} = \frac{2(10\text{ m/seg})}{2} = 3.3$ m/seg]

32. Panel 40, Fig. 1. Suponga que $m_b = 0.1$ kg y $m_a = 0.8$ kg.
$N =$ ..... (número)

[$N = \dfrac{0.1\text{ kg}}{0.8\text{ kg}} = \frac{1}{8}$]

33. Panel 40. N es menor que 1, si m_b es (menor/mayor) que m_a.

[menor]

34. Panel 40. Suponga que $m_b = 0.5$ kg, $m_a = 2$ kg, y $u = 10$ m/seg.
Calcule: $N =$ .....
$w =$ ..... m/seg
$v =$ ..... m/seg

[$N = \dfrac{0.5\text{ kg}}{2\text{ kg}} = \dfrac{1}{4}$

$w = \dfrac{2u}{N+1} = \dfrac{2(10\text{ m/seg})}{1+\frac{1}{4}} = \dfrac{20}{\frac{5}{4}} = 16$ m/seg

$v = u\left(\dfrac{1-N}{N+1}\right) = 10\text{ m/s}\left(\dfrac{\frac{3}{4}}{\frac{5}{4}}\right) = 10\text{ m/s}\ (\frac{3}{5}) = 6$ m/s]

35. Panel 40. En el problema anterior, N (=/>/<) 1. Después de la interacción, la rapidez de m_a es (mayor/menor) que la de m_b. Después de la interacción, m_a y m_b se mueven en (la misma dirección/direcciones opuestas).

[<; menor; la misma dirección]

36. Panel 40. $w = \dfrac{2u}{N+1}$, y $v = u\left(\dfrac{1-N}{1+N}\right)$

Al hacerse m_a mucho mayor que m_b, N se vuelve mucho más (grande/pequeño) que 1.

[pequeño]

37. $w = \dfrac{2u}{N+1}$, y $v = u\left(\dfrac{1+N}{N-1}\right)$

Cuando N tiende a cero, w tiende a ....., y v tiende a ..... (*Use letras y/o números.*)

[$2u$, puesto que $(N+1)$ tiende a 1;
u (puesto que $\left(\dfrac{1-N}{N+1}\right)$ tiende a 1)]

38. $w = \dfrac{2u}{N+1}$, y $v = u\left(\dfrac{1-N}{N+1}\right)$

Si m_b es menor que m_a, entonces $(1 - N)$ es una cantidad (positiva/negativa), y w y v son (paralelas/paralelas y opuestas) en dirección.

[positiva; paralelas]

39. Este análisis revela un hecho interesante. Si m_a es muy grande comparada con m_b, aquella comunica a m_b una rapidez casi ..... veces su propia rapidez antes de la interacción.

[dos]

40. Esta (es/no es) una violación de cualquiera de las leyes de la conservación que hemos estudiado. Si es así, diga cuál.

[no es (*no* hay ley de la conservación de la rapidez.)]

41. Podemos estar seguros de que ninguna de las leyes de la conservación que hemos estudiado ha sido violada, porque dedujimos las ecuaciones $w =$ ..... y $v =$ ..... de dos ecuaciones que se dedujeron con base en la suposición de que el .... y la .... se conservan, en interacciones aisladas, perfectamente elásticas.

[$w = \dfrac{2u}{N+1}$; $v = u\left(\dfrac{1-N}{N+1}\right)$
cantidad de movimiento; energía cinética]

42. Observe que nuestro análisis ha sido puramente matemático. Siempre es importante observar cuidadosamente las hipótesis físicas de un análisis tal ¿Qué suposiciones hemos hecho acerca del sistema en el Panel 40, Fig. 1?

[Hemos supuesto que es un sistema aislado y que la interacción entre m_a y m_b es perfectamente elástica. La interacción es frontal.]

Sección 8. El péndulo balístico: Una interacción completamente inelástica

1. Veamos el Panel 41. Es una ilustración del aparato llamado péndulo balístico, que se usa para medir la rapidez de una bala. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[A]

2. Panel 41. Una bala con masa m se mueve con una velocidad $\vec{u}$, antes de tocar el bloque de madera de masa M, inicialmente en reposo. El impulso total del sistema, antes de la interacción, es $\vec{P}$ = ... (*símbolos*).

[$m\vec{u}$]

3. Panel 41. La bala pega en el bloque y queda incrustada en él. Después de la interacción, ambos se mueven como una sola masa. Este es un ejemplo de interacción ....

[perfectamente inelástica]

4. Panel 41. Después de la interacción, la bala y el bloque se mueven a una velocidad $\vec{v}$. El impulso total del sistema, después de la interacción, es ....., en función de m, M y $\vec{v}$.

[$(M + m)\vec{v}$]

5. Panel 41. Suponiendo que éste es un sistema aislado, el ..... se conserva, y podemos escribir la ecuación:

..... = ... (use m, M, etc.)

[impulso; $m\vec{u} = (M + m)\vec{v}$]

6. Panel 41. En esta interacción, la energía cinética (se/no se) conserva. *Explique su respuesta.*

[No, porque ésta es una interacción inelástica. Solamente en una interacción perfectamente elástica, se conserva la energía cinética.]

7. Panel 41. $m\vec{u} = (M + m)\vec{v}$.

Podemos medir M y m directamente. Entonces podemos encontrar $\vec{u}$, si conocemos el valor de ....

[$\vec{v}$]

8. Panel 41. El bloque cuelga del techo, mediante dos cuerdas verticales. Cuando la bala entra, todo el sistema se mueve hacia ..... y hacia la derecha.

[arriba]

9. Panel 41. El impacto de la bala produce un cambio en la altura del sistema. Es decir, cambia su energía .....

[potencial]

10. Panel 41. El sistema bloque-bala es levantado una distancia vertical y. Por lo tanto, el cambio en su energía potencial es $(M + m)$ ....

[gy]

11. Panel 41. Hay un aumento $(M + m)\ gy$ en la energía potencial del sistema. Esto sucede solamente cuando se realiza ..... sobre el sistema.

[trabajo]

12. Panel 41. ¿De dónde proviene el trabajo? Cuando la bala ha quedado incrustada en el bloque, el sistema tiene una velocidad v y una energía cinética $E_k =$ ..... Al final de su oscilación hacia arriba, la energía cinética del sistema es .....

[$\frac{1}{2}(M + m)v^2$; cero]

13. Panel 41. El trabajo realizado en aumentar la energía ..... del sistema, es suministrado por la energía ..... del sistema después del impacto. Podemos escribir la ecuación:

..... = ... (use M, m, etc.)

[potencial; cinética;
$\frac{1}{2}(M + m)v^2 = (M + m)gy$]

14. Panel 41. $\frac{1}{2}(M + m)v^2 = (M + m)gy$.
Despeje v en esta ecuación. $v =$ .....

[$\frac{1}{2}(M + m)v^2 = (M + m)gy$
$v^2 = 2gy$
$v = \sqrt{2gy}$]

15. Panel 41. Anteriormente vimos que:
(1) $mu = (M + m)v$
Ahora hemos deducido:
(2) $v = \sqrt{2gy}$
(3) Sustituyendo v en (1), $mu =$ .....

[$(M + m)\sqrt{2gy}$]

16. Panel 41.
$mu = (M + m)\sqrt{2gy}$
$u =$ .....

[$\frac{M + m}{m}\sqrt{2gy}$]

17. Panel 41. Hemos hecho las siguientes suposiciones, o usado los siguientes principios, al deducir esta ecuación:

(1) La energía cinética se conserva (sí/no).
(2) El sistema es aislado (sí/no).
(3) El impulso se conserva (sí/no).
(4) La energía mecánica se conserva (sí/no).

[no; sí; sí; sí]

18. Vea el Panel 24. La letra que está en la esquina superior derecha es una ....

[R]

19. Panel 42. Lea cuidadosamente el problema 1. Hemos deducido una ecuación para calcular la parte (*a*). Esta es:

.... = ...

$$[u = \frac{M + m}{m}\sqrt{2gy}]$$

20. Panel 42, Problema 1. Calcule la parte (*a*). Muestre el desarrollo.

$$[u = \frac{M + m}{m}\sqrt{2gy}$$

$$u = \frac{2\text{ kg} + 0.01\text{ kg}}{0.01\text{ kg}}\sqrt{2 \times 9.8\text{ m/seg}^2 \times 0.2\text{ m}}$$

$$u \approx 397\text{ m/seg}]$$

21. Panel 42, Problema 1. Considere la parte (*b*). Calcule la energía cinética del sistema, antes del impacto.

$$[E_k = \tfrac{1}{2}mu^2$$
$$E_k = \tfrac{1}{2}(0.01\text{ kg})\,(397\text{ m/seg})^2$$
$$E_k \approx 788\text{ julios}]$$

22. Panel 42, Problema 1(*b*). La energía cinética después del impacto, es igual a la energía ..... del sistema, cuando está a ..... *m* sobre su posición inicial en reposo.

[potencial; 0.2]

23. Panel 42, Problema 1(*b*). Calcule la energía cinética inmediatamente después del impacto.

$$[E_k = (M + m)\,gy$$
$$E_k = (2 + 0.01)\,(9.8)\,(0.2)$$
$$E_k = 3.9\text{ julios}]$$

24. Panel 42, Problema 1(*b*). ¿Cuánta energía cinética se pierde en la interacción?

[788 julios − 3.9 julios ≈ **784 julios**]

25. Panel 42, Problema 1(*b*). ¿Qué impulso se pierde en esta interacción?

[Ninguno. El impulso se conserva]

26. ¿Qué sucede con la energía cinética que se pierde en una interacción inelástica? Cuando se dispara una bala de plomo contra una placa gruesa de acero, la bala *se funde* y se extiende sobre la superficie de la placa, Esto nos sugiere que la energía cinética se ha transformado en .....

[calor]

27. En el problema 1(*b*) del Panel 42, vimos que la bala tenía aproximadamente 800 julios de energía cinética, antes de la interacción. Parte de esta energía se usó para aumentar la energía ..... del sistema. Sin embargo, la mayor parte de ella se transformó en una forma de energía llamada .....

[potencial; calor]

28. Para conservar la energía en una interacción ....., tenemos que introducir el concepto de calor, como una forma de energía. Inmediatamente después del impacto, la energía total del sistema es E_t = energía cinética + energía potencia + ...

[inelástica; calor]

29. Una interacción perfectamente elástica, (implica/no implica) la transformación de energía cinética en calor. *Explique su respuesta.*

[no implica, porque la energía cinética se conserva en esta interacción]

30. En una interacción perfectamente elástica, la energía ..... total se conserva. Podemos decir que en una interacción inelástica se conserva la energía, si, y sólo si consideramos como una clase de energía el ..... que se produzca en la interacción.

[cinética; calor]

31. Suponiendo un sistema aislado, si ocurre una interacción inelástica, el ..... siempre se conserva; la ..... se conserva, solamente si estipulamos que el ..... es una forma de .....

[impulso; energía; calor; energía]

32. Refiriéndonos de nuevo al Panel 41, podemos deducir una ecuación que nos dé una idea de la cantidad de energía cinética que se pierde en una interacción completamente inelástica. La energía cinética inmediatamente *después* del impacto es $E_k' =$ ..... en función de M, m y v.

[$\frac{1}{2}(M + m)v^2$]

33. Panel 41.

(1) $E_k' = \frac{1}{2}(M + m)v^2$

(2) $mu =$ ....., puesto que el impulso se conserva.

[$(M + m)v$]

34. Panel 41.

(1) $E_k' = \frac{1}{2}(M + m)v^2$

(2) $mu = (M + m)v$

(3) Despeje v en (2) y sustituya en (1).
Entonces $E_k' =$ .....

[$v = \dfrac{mu}{M + m}$

$E_k' = \frac{1}{2}(M + m)\left(\dfrac{mu}{M + m}\right)^2$

$E_k' = \frac{1}{2}\dfrac{m^2u^2}{M + m}$]

35. Panel 41.

(1) $E_k' = \frac{1}{2}\dfrac{m^2u^2}{M + m} = \left(\dfrac{m}{M + m}\right)(\frac{1}{2}mu^2)$

La energía cinética antes de la interacción es $E_k =$ .....

(2) Compare E_k con el miembro derecho de (1).

$$E_k' = \text{.....} E_k$$

[$\frac{1}{2}mu^2$; $\dfrac{m}{M + m}$]

36. Panel 41. $E_k' = \dfrac{m}{M + m} E_k$

Si M es muy grande comparada con m, el factor $\left(\dfrac{m}{M + m}\right)$ es muy (grande/pequeño).

[pequeño]

37. Panel 41. $E_k' = \frac{m}{M + m} E_k$

Si M es muy grande comparada con m, se conserva una parte muy (grande/pequeña) de la energía cinética, y una parte muy (grande/pequeña) es transformada en calor.

[pequeña; grande]

38. Panel 41. En una interacción completamente inelástica, tal como la ilustrada aquí, sólo aquella fracción de la energía cinética dada por la expresión ..... es conservada como energía cinética. La restante se convierte en otras formas de ....., una de las cuales es muy probable que forme lo que llamamos .....

[$\frac{m}{M + m}$; energía; calor]

Sección 9. Problemas sobre otras interacciones inelásticas Problemas de repaso

1. Vea el Panel 42. Lea el problema 2. Puesto que ésta es una interacción frontal, podemos sumar algebraicamente impulsos (es decir, no como vectores). Antes de la interacción, el impulso total del sistema es ..... kg-m/seg.

[$P = 10 \text{ kg} \times 30 \text{ m/seg} + 20 \text{ kg} \times 15 \text{ m/seg}$
$= 300 \text{ kg} \times \text{m/seg} + 300 \text{ kg} \times \text{m/seg} = 600 \text{ kg} \times \text{m/seg}$]

2. Panel 42, problema 2. Use v para representar la rapidez de la masa de 20 kg, después de la interacción. El impulso total, después de la interacción, es .....

[$10 \text{ kg} \times 14 \text{ m/seg} + 20v = 140 \text{ kg} \times \text{m/seg} + 20v$]

3. Panel 42, problema 2. Suponiendo que este sistema es aislado, calcule la rapidez de la masa de 20 kg, después de la interacción.

[$140 \text{ kg} \times \text{m/seg} + 20v = 600 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
$20v = 460 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
$v = 23 \text{ m/seg}$]

4. Panel 42, problema 2. Considere la parte (b). Si esta interacción es perfectamente elástica, entonces las .... son iguales antes y después.

[energías cinéticas totales]

5. Panel 42, problema 2(b). Si esta interacción es inelástica, entonces la energía cinética total, después de la interacción, es (mayor/menor) que la energía cinética total, antes de la interacción.

[menor]

6. Panel 42, problema 2(b). Determine si esta interacción es o no es inelástica. Demuestre el desarrollo.

[$E_k = \frac{1}{2}(10)(30)^2 + \frac{1}{2}(20)(15)^2 = 6750$ julios
$E_k' = \frac{1}{2}(10)(14)^2 + \frac{1}{2}(20)(23)^2 = 6270$ julios
Puesto que $E_k > E_k'$, la interacción es **inelástica.**]

7. Panel 42. Lea el problema 3. Resuelva (a). *Muestre el desarrollo.*

[$(0.20 \text{ kg})(3.0 \text{ m/seg}) = (0.20 \text{ kg})(0.15 \text{ m/seg}) + 0.20v$
$0.20v = 0.60 \text{ kg} \times \text{m/seg} - 0.03 \text{ kg} \times \text{m/seg}$
$v = 0.57/0.20 \text{ m/seg} = 2.9 \text{ m/seg}$]

8. Panel 42, problema 3. Resuelva (b). Muestre el desarrollo.

[$E_k = \frac{1}{2}(0.20 \text{ kg})(3.0 \text{ m/seg})^2 = 0.9$ julio
$E_k' = \frac{1}{2}(0.20 \text{ kg})(0.15 \text{ m/seg})^2 + \frac{1}{2}(0.2 \text{ kg})(2.9 \text{ m/seg})^2 = 0.843$ julio
$E_k - E_k' \approx 0.057$ julio]

9. Panel 42. Lea el problema 4. Escriba dos ecuaciones que impliquen u y v, sustituyendo los datos proporcionados.

[$(1 \text{ kg})(50 \text{ m/seg}) + (0.2 \text{ kg})(5 \text{ m/seg}) = 1u + 0.2v$

$\boxed{u + 0.2v = 51 \text{ kg} \cdot \text{m/seg}}$

$\frac{1}{2}(1 \text{ kg})(50 \text{ m/seg})^2 + \frac{1}{2}(0.2 \text{ kg})(5 \text{ m/seg})^2 = \frac{1}{2}(1)u^2 + \frac{1}{2}(0.2)v^2$

$\boxed{u^2 + 0.2v^2 = 2505}$]

10. Panel 42, problema 4. Despeje u y v.

$u =$ ..... m/seg

$v =$ ..... m/seg

Atención: Puesto que una de las ecuaciones que usted usa aquí es cuadrática hay dos pares de soluciones. Muestre ambas.

[$u = 51 - 0.2v$
$(51 - 0.2v)^2 + 0.2v^2 = 2505$
$2601 - 20.4v + 0.04v^2 + 0.2v^2 = 2505$
$0.24v^2 - 20.4v + 96 = 0$
$24v^2 - 2040v + 9600 = 0$
$v^2 - 85v + 400 = 0$ $\qquad v = 5$ m/seg, o
$(v - 5)(v - 80) = 0$ $\qquad v = 80$ m/seg
$u = 51 - 0.2(5) = 51 - 1 = 50$ m/seg, o
$u = 51 - 0.2(80) = 51 - 16 = 35$ m/seg]

11. Panel 42, problema 4.

(1) $u = 50$ m/seg; $v = 5$ m/seg

(2) $u = 50$ m/seg; $v = 80$ m/seg

Una de estas soluciones es físicamente imposible.

¿Cuál es, la (1) ó la (2)? Explique por qué.

[(1) es imposible, porque m_1 tendría que pasar a través de m_2 para mantener esta velocidad, mientras que m_2 se movería a la más lenta de 5 m/seg]

PROBLEMAS

1. Una masa de 4 kg se mueve a 6 metros/seg hacia el Este, respecto a la Tierra. Una nave cohete setá en movimiento en la misma dirección, a 20 m/seg. ¿Cuál es la energía cinética de la masa de 4 kg, respecto a la Tierra? ¿Cuál es la energía cinética de la masa de 4 kg, respecto a la nave cohete?

2. Si una masa de 100 kg es acelerada, de 10 m/seg a 20 m/seg por una fuerza F_x, ¿cuál es el trabajo realizado por la fuerza F_x?

3. Una masa de 100 kg se mueve con una rapidez de 100 m/seg. ¿Cuál es su energía cinética?

4. Un vehículo espacial se mueve en el espacio con una rapidez de 38,000 km/h. Su masa es 10,000 kg. ¿Cuál es su energía cinética?

5. Una masa de 5 kg descansa en una repisa que está a 5 metros del piso. El piso está 20 metros sobre el nivel del suelo. ¿Cuál es la energía potencial de la masa, respecto a: *a*) el nivel del suelo, *b*) el piso, *c*) una mesa que está a 3 metros abajo de la repisa?

6. Un resorte cuya constante de fuerza es 0.3 newton/metro es estirado 0.9 m. ¿Cuál es su energía potencial elástica?

7. ¿Cuál es la energía potencial gravitacional de una masa de 100 kg que está en la superficie de la Tierra? *Nota:* La masa de la Tierra es 5.98×10^{24} kg, y su radio es 6.4×10^{6} metros.

8. Una bala lleva una rapidez de 300 m/seg y su masa se 0.06 kg. ¿Cuál es su energía cinética antes de dar en el blanco? Si se incrusta en un bloque de madera suspendido libremente que tiene una masa de 1 kg, ¿cuál es la rapidez del bloque y la bala que contiene?

9. Un cojinete de balas cuya masa es de 0.1 kg está en movimiento con una rapidez de 10 m/seg y choca frente a frente con otro cojinete. La masa del segundo cojinete de balas es 0.3 kg. Si el segundo estaba estacionario antes del choque, ¿cuáles son las velocidades de ambos cojinetes, después del impacto?

10. Una bala de plomo con una masa de 0.1 kg y rapidez de 300 m/s pega en una plancha blindada y se funde. ¿Cuántas calorías desarrolló? *Indicación:* Hay 4.186 julios/caloría.

11. Explique la diferencia que hay entre interacciones perfectamente elásticas e interacciones inelásticas, y describa una interacción completamente inelástica en función de la conservación del impulso y la energía cinética.

12. Una masa de 4 kg cae libremente una altura de 10 metros. ¿Cuál es la pérdida de energía potencial, expresada en julios?

13. ¿Cuánto trabajo se realiza al cambiar la velocidad de un carro de 5000 newtons, de 20 m/s a 30 m/s?

14. Calcule la energía cinética de una masa de 5 kg con aceleración centrípeta. ($T = 0.314$ s; $R = 3$ m).

15. ¿Cuál es la energía potencial de una pelota de 5 kg que está en la parte superior (cima) de una colina que tiene 10^3 metros de longitud y una altura de 20 metros? La pelota rueda hacia abajo por la colina. ¿Cuál es la energía cinética de la pelota, al pie de la colina?

16. Un bloque de 4 kg cuelga como péndulo, de una cuerda de 2 metros de largo. Cuando se dispara una bala de .015 kg en el bloque y se incrusta en él, el bloque oscila verticalmente con un desplazamiento de 0.20 metros. Calcule:

a) La rapidez de retroceso del bloque, y *b*) la rapidez inicial de la pelota.

***Panel* 1**

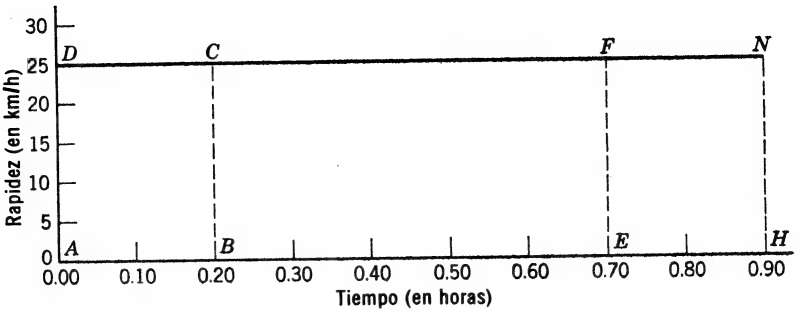


Fig. 1

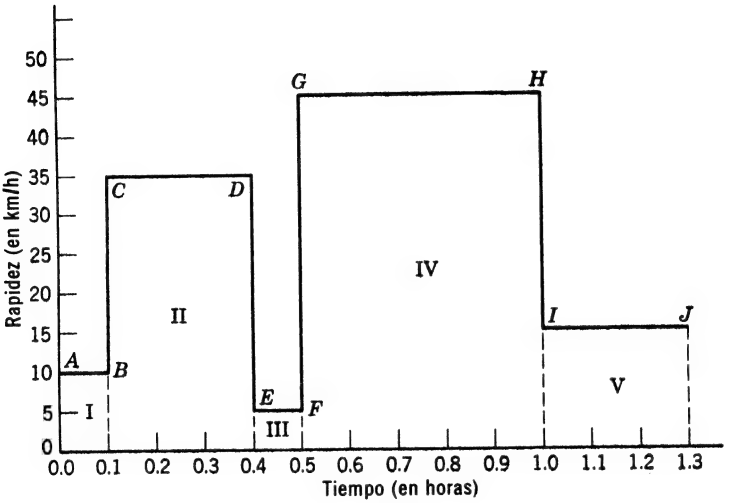


Fig. 2

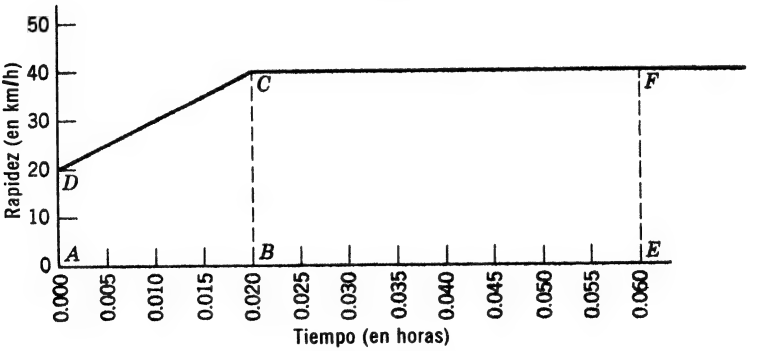


Fig. 3

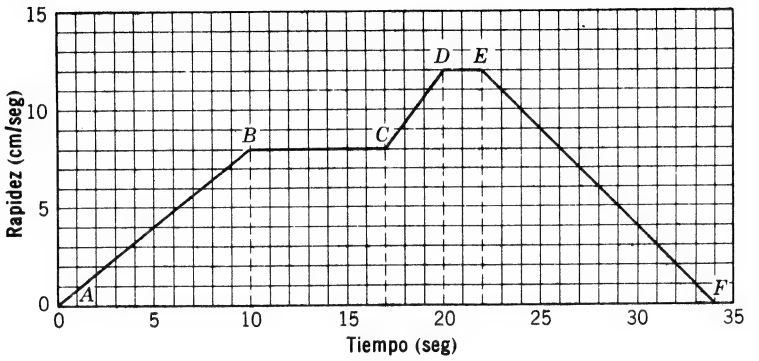


Fig. 1

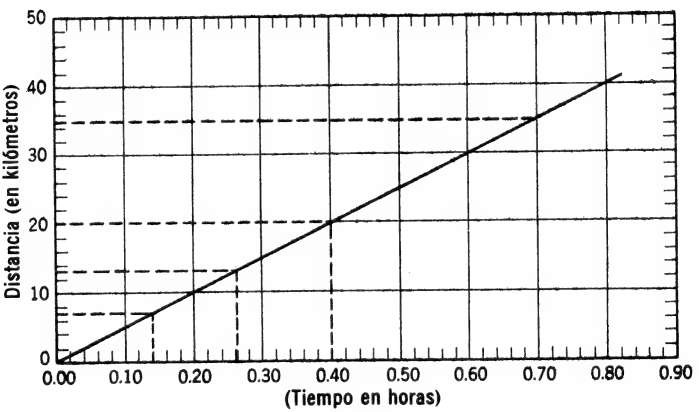

Distancia (en kilómetros)
50
40
30
20
10
0
0.00
0.10
0.20
0.30
0.40
0.50
0.60
0.70
0.80
0.90
(Tiempo en horas)

Fig. 1

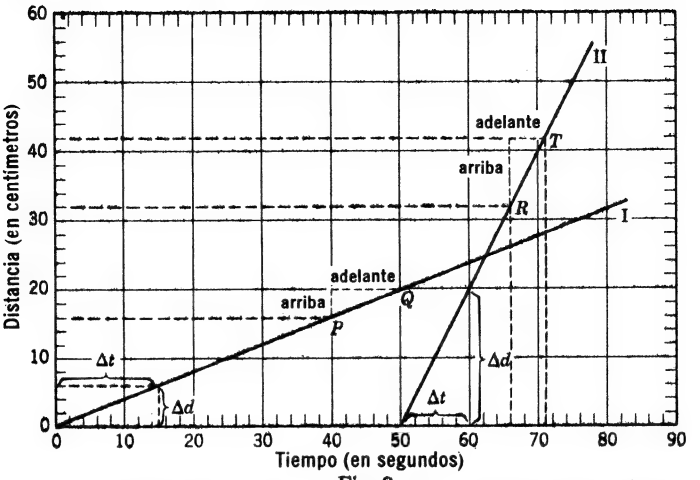

Distancia (en centímetros)
Tiempo (en segundos)
adelante
arriba
adelante
arriba
P
Q
R
T
I
II
Δt
Δd
Δt
Δd

Fig. 2

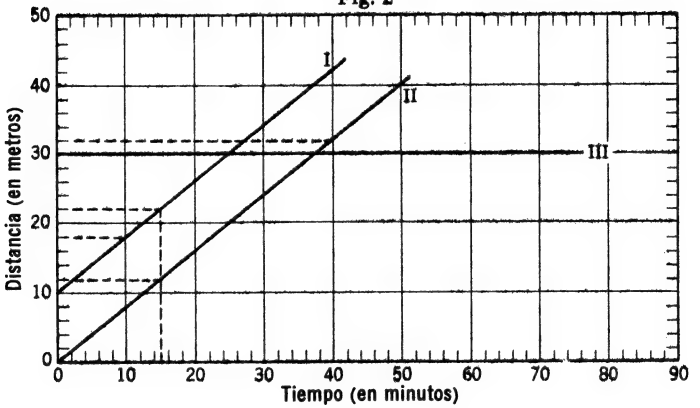

Distancia (en metros)
Tiempo (en minutos)
I
II
III

Fig. 3

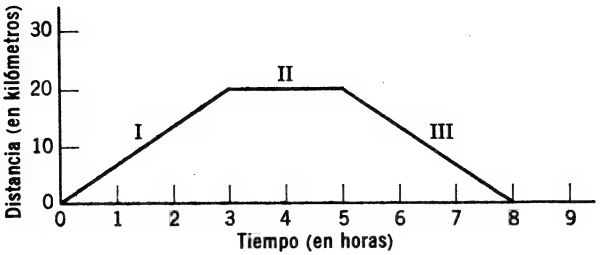


Fig. 1

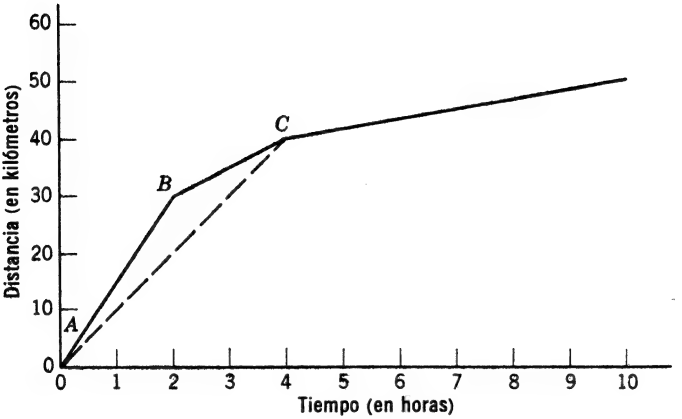


Fig. 2

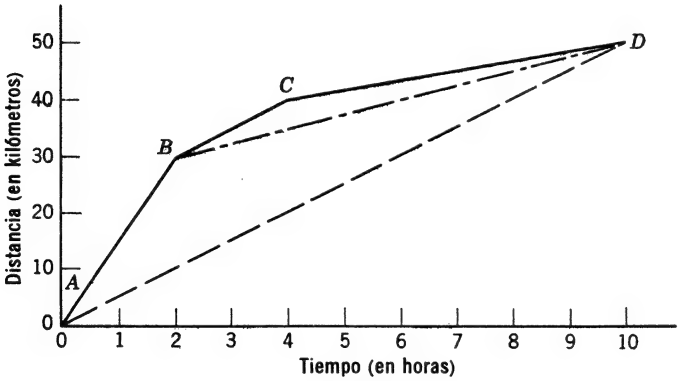


Fig. 3

Panel 5

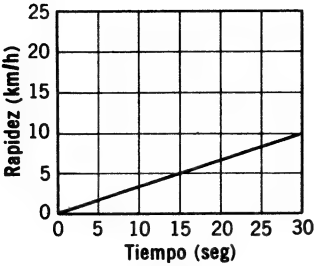


Fig. 1

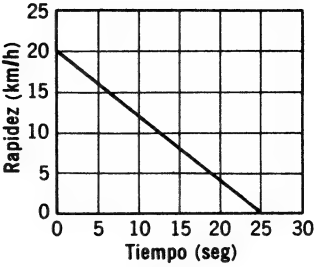


Fig. 2

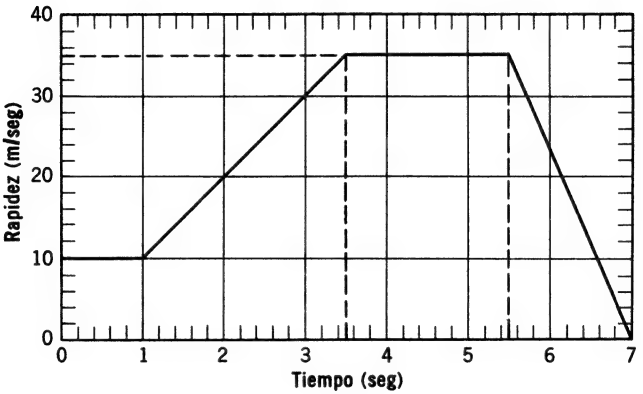
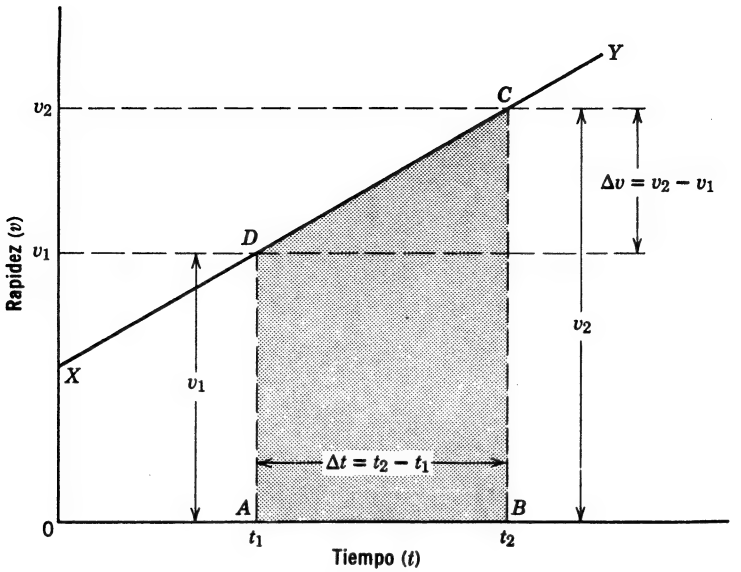


Fig. 3



Ecuaciones para el movimiento uniformemente acelerado.

$$(1) \qquad v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$$

o

$$\Delta v = a\,\Delta t$$

$$(2) \qquad {v_2}^2 - {v_1}^2 = 2ad$$

$$(3) \qquad d = \tfrac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2 + v_1(t_2 - t_1)$$

o

$$d = \tfrac{1}{2}a(\Delta t)^2 + v_1\,\Delta t$$

1. Un tren subterráneo arranca en una estación, a partir del reposo, y acelera uniformemente a razón de 1.5 m/seg^2 durante 10 segundos.

(*a*) ¿Cuál es su rapidez al final de los 10 seg?
(*b*) ¿Qué distancia recorrió en los 10 seg?

2. Un tren subterráneo va con una rapidez constante de 5 m/seg, cuando empieza una bajada y el tren comienza a acelerar al entrar en ella, a razón de 2 m/seg^2 constantemente, continuando así hasta que llega al final de dicha bajada, 8 segundos después.

(*a*) ¿Cuál es la rapidez del tren al final de la bajada?
(*b*) ¿Qué longitud tiene la bajada?

3. Un tren que va con una rapidez constante de 20 m/seg llega a una pendiente y sufre una aceleración negativa constante de 2 m/seg^2 (es decir, sube por la pendiente).

(*a*) ¿Cuál es la rapidez después de 6 seg de ir por la pendiente?
(*b*) ¿Cuánto ha recorrido el tren en 6 seg, sobre la pendiente?
(*c*) ¿Cuánto tiempo debe estar el tren en la pendiente, antes de detenerse?

4. Un objeto que cae cerca de la superficie de la Tierra, sufre una aceleración constante de 9.8 m/seg^2 (aproximadamente 32 pies/seg^2). Desde una torre se suelta una piedra, y cae durante 5 seg, antes de tocar el suelo.

(*a*) ¿Cuál es la altura de la torre?
(*b*) ¿Cuál es la rapidez de la piedra, a los 3 seg de caída?
(*c*) ¿Cuánto ha caído la piedra en el intervalo de 2 a 4 seg?
(*d*) ¿Cuál es la aceleración de la piedra durante el 4o. seg?

5. Una partícula se acelera a partir del reposo a 100 m/seg en 25 seg. Suponiendo que su aceleración es uniforme,

(*a*) Calcule la aceleración.
(*b*) ¿Cuánto ha recorrido la partícula en 25 seg?

6. Un tren va a 30 m/seg en el momento en que aplica los frenos, retardándose uniformemente durante 5 seg hasta que adquiere una velocidad constante de 5 m/seg.

(*a*) Calcule la aceleración.
(*b*) Calcule la distancia recorrida en 5 seg.

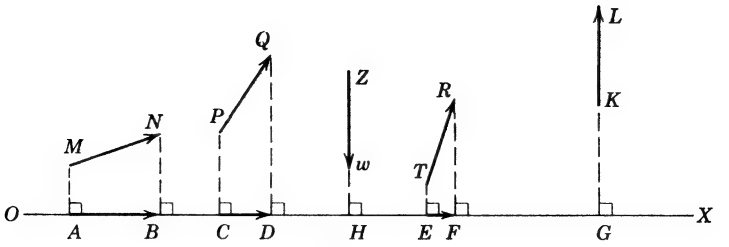


Fig. *(a)*

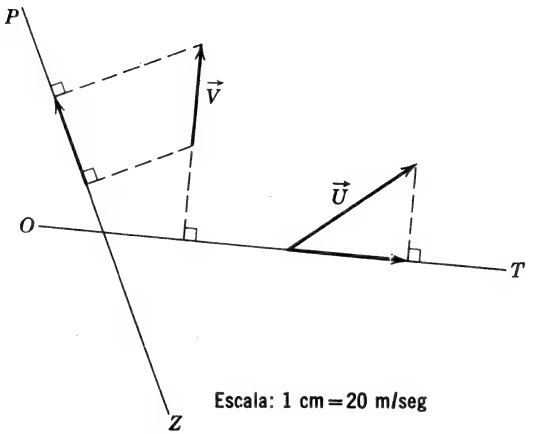
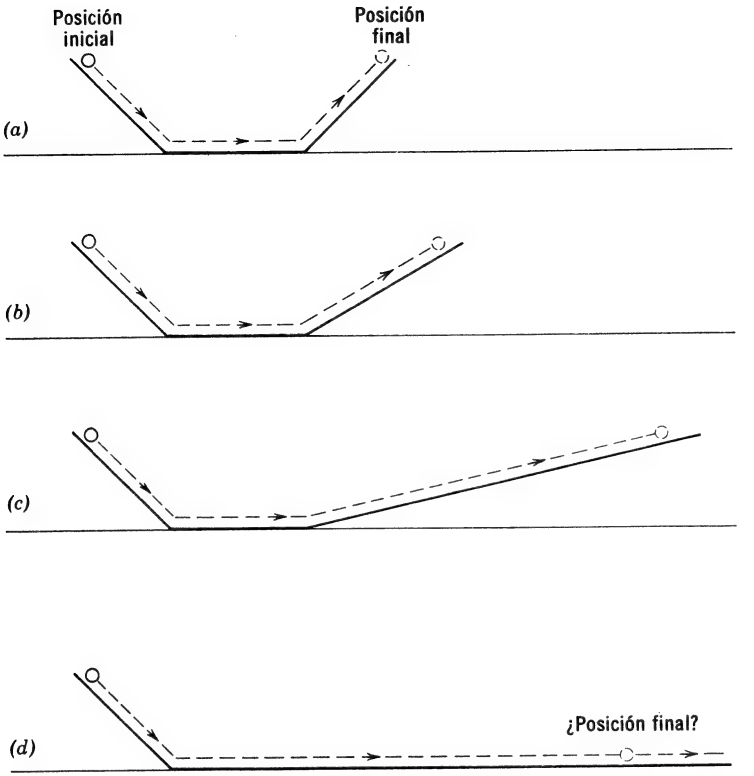


Fig. *(b)*


Posición inicial
Posición final
(a)
(b)
(c)
(d)
¿Posición final?

1. Los científicos verifican a menudo sus generalizaciones mediante experimentos que se aproximan mucho a *situaciones ideales.* En el experimento descrito en este panel, demostraremos que cuando usamos superficies con *muy baja fricción,* obtenemos resultados muy cercanos a los pronosticados en una situación ideal, es decir, aquella en la cual suponemos que no hay fricción en lo absoluto.

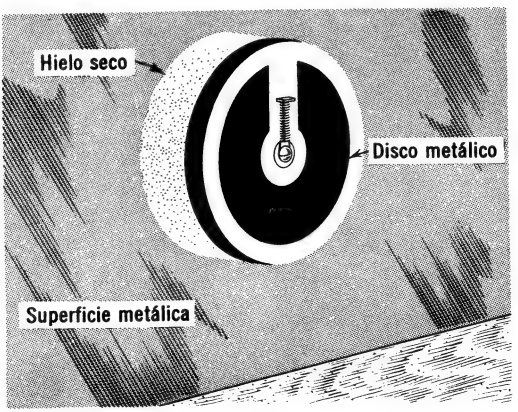


Fig. 1

2. Vea la Fig. 1. Se pone un disco de metal sobre una capa de hielo seco, la cual, a su vez, descansa en una placa metálica gruesa. El disco de metal y la capa de hielo seco se mueven juntos en una pieza, y a la combinación se le llama disco de hielo seco.

3. El hielo seco se evapora rápidamente a la temperatura ambiente y forma una capa de gas anhídrido carbónico entre el disco y la superficie metálica. Esta capa de gas es muy efectiva para mantener muy baja la fricción entre el disco y la superficie metálica.

4. Se puso un disco de hielo seco en el extremo izquierdo de una hoja de metal y se empujó ligeramente hacia la derecha. Cada $\frac{1}{10}$ seg, se disparó una lámpara de destello y se tomó una fotografía del disco en movimiento. En la Fig. 2, abajo, se ilustra una serie de estas fotografías.

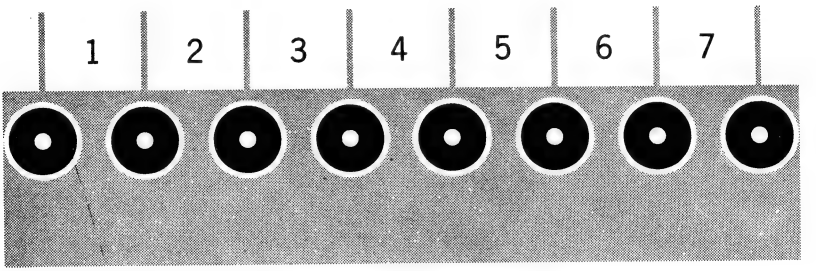


Fig. 2

5. Esta es una tabla de las distancias recorridas durante los intervalos de tiempo marcados en la Fig. 2.

Intervalo de tiempo $\Delta t = \frac{1}{10}$ seg	Distancia recorrida (en cm) durante el intervalo de tiempo
1	14.9
2	15.0
3	14.9
4	15.1
5	14.9
6	14.7
7	14.8

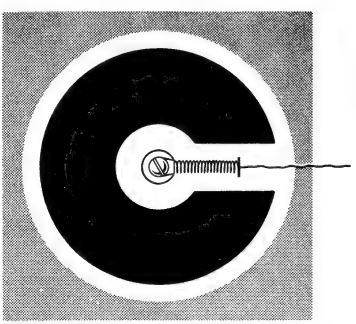


Fig. 1

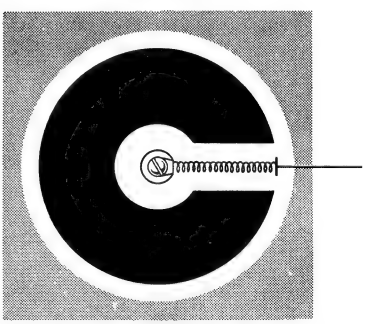


Fig. 2

Figs. 1 y 2. En la Fig. 1 se ha fijado un resorte al centro del disco de hielo seco. La Fig. 2 muestra el mismo resorte, estirado por una fuerza que lo jala hacia la derecha. El alargamiento del resorte varía directamente con la magnitud de la fuerza aplicada.

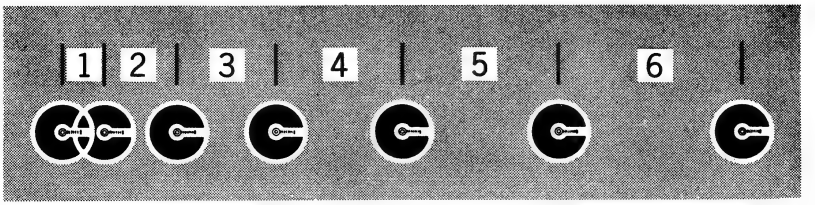


Fig. 3

Fig. 3. Esta es una ilustración compuesta de una serie de fotografías de destello que muestran un disco de hielo seco, siendo jalado por una fuerza constante hacia la derecha (aplicada a través del resorte). Las fotografías se tomaron cada $\frac{1}{5}$ seg.

Fig. 4 (*abajo*). Esta figura es una tabla de datos de un experimento realizado bajo condiciones muy similares a las ilustradas en la Fig. 3. En este experimento se tomaron fotografías cada $\frac{1}{10}$ seg.

Intervalo de tiempo $\Delta t = \frac{1}{10}$ seg	Distancia recorrida (Δd) en Δt	$\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$\Delta \overline{V}$
1	3.6 cm	36 cm/seg	
2	7 6 cm	75 cm/seg	39 cm/seg
3	11.4 cm		
4	15.4 cm		
5	19.3 cm		
6	23.3 cm		

Fig. 5 (*abajo*). Esta es una tabla de datos tomados de un experimento en el cual *se duplicó* la fuerza que jala al disco usado en la Fig. 4.

Intervalo de tiempo $\Delta t = \frac{1}{10}$ seg	Distancia recorrida (Δd) en Δt	$\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$\Delta \overline{V}$
1	3.9 cm		
2	11.7 cm		
3	19.3 cm		
4	27.3 cm		
5	35.1 cm		
6	42.9 cm		

1. Un disco de hielo seco tiene una masa de 1 kg. Se le pide a usted darle una rapidez de 10 m/seg en 5 seg, a partir del reposo.

2. ¿Qué fuerza en newtons se requiere para dar a una masa de 2 kg en estado de reposo, una aceleración de 250 cm/seg^2?

3. ¿Qué fuerza en newtons se requiere para cambiar la rapidez de una masa de 500 g, de 20 cm/seg a 80 cm/seg, en 1 minuto?

4. Se observa que un objeto de masa desconocida cambia su rapidez, del reposo, a 10 m/seg en 20 seg, cuando se le aplica una fuerza total constante de 80 newtons. Calcule su masa.

5. ¿Qué cambio de rapidez producirá una fuerza total constante de 5 newtons, cuando se aplica a una masa de 4 kg durante 8 seg?

6. ¿Durante cuánto tiempo deberá actuar una fuerza total de 100 newtons, sobre una masa de 50 kg, para producir en ella un cambio de rapidez, de 100 a 550 cm/seg?

7. Una masa de 100 g está en reposo cuando se le aplica una fuerza total constante durante 5 seg, aumentando su rapidez de 150 cm/seg. Calcule la fuerza total empleada.

8. Se nos pide dar a una masa de 5 kg una aceleración de 15 cm/seg^2. ¿Qué fuerza total se requiere, en (*a*) newtons, (*b*) dinas?

9. Un disco de hielo seco tiene una masa de 100 g y se mueve a lo largo de una hoja de metal horizontal, con una rapidez constante de 50 cm/seg. Finalmente sale de la superficie metálica y entra en una superficie de concreto que *sí* tiene fricción. La fuerza de fricción ejercida sobre el disco por esta superficie de concreto, es de 15 dinas. ¿En cuántos segundos se detendrá el disco en la superficie de concreto?

10. ¿Cuál es la fuerza total en newtons, requerida para acelerar hacia arriba, a razón de 2 m/seg^2, una masa de 10 kg?

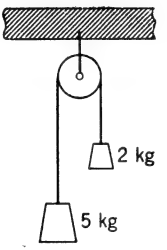


Fig. 1

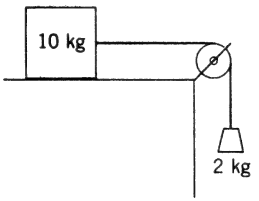
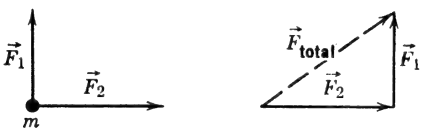


Fig. 2

11. En la Fig. 1, suponemos que no hay fricción en la polea. Calcule: (*a*) la aceleración de las masas, (*b*) la tensión en la cuerda derecha (atada a una masa de 2 kg), (*c*) la tensión en la cuerda izquierda.

12. En la Fig. 2, suponga que no hay fricción, (*a*) calcule la aceleración de las masas, (*b*) calcule la tensión T.



(*a*) (*b*)

Fig. 3

13. m es un electrón, cuya masa es 9×10^{-31} kg.
F_1 es una fuerza eléctrica $= 6 \times 10^{-10}$ newton.
F_2 es una fuerza magnética $= 8 \times 10^{-10}$ newton.
F_1 y F_2 actúan en ángulo recto. Describa cuantitativamente el movimiento y el cambio de movimiento del electrón.

14. Una fuerza total de 20 newtons actúa sobre una masa de 5 kg durante 6 seg. La rapidez original de la masa es de 100 m/seg. Calcule la rapidez después de 6 seg: (*a*) si la fuerza se aplica en la *misma* dirección en que se mueve la masa. (*b*) si la fuerza se aplica en dirección *opuesta* al movimiento de la masa.

Fig. 1.

Lugar	Masas (kg)	Pesos (newtons)
Polo Norte	1	9.83
	2	19.66
Ciudad de Nueva York	1	9.803
	2	19.606
El Ecuador	1	9.78
	2	19.56
Ciudad del Cabo, Africa del Sur	1	9.80
	2	19.6

Fig. 2. Esta es una tabla de valores de $\vec{g}$ para el mismo objeto, en diferentes lugares de la superficie de la Tierra.

Lugar	Latitud	Altitud (m)	$\vec{g}$ en nt/kg
Polo Norte	90°N	0	9.832
Groenlandia	70°N	20	9.825
Estocolmo	59°N	45	9.818
Bruselas	51°N	102	9.811
Banff	51°N	1376	9.808
Nueva York	41°N	38	9.803
Chicago	42°N	182	9.803
Denver	40°N	1638	9.796
San Francisco	38°N	114	9.800
Zona del Canal de Panamá	9°N	6	9.782
Java	6°S	7	9.782
Nueva Zelandia	37°S	3	9.800

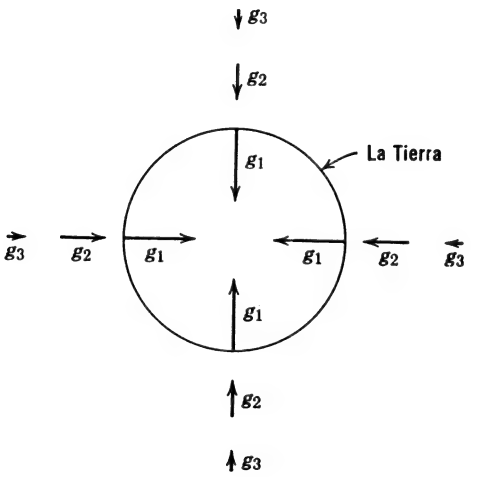
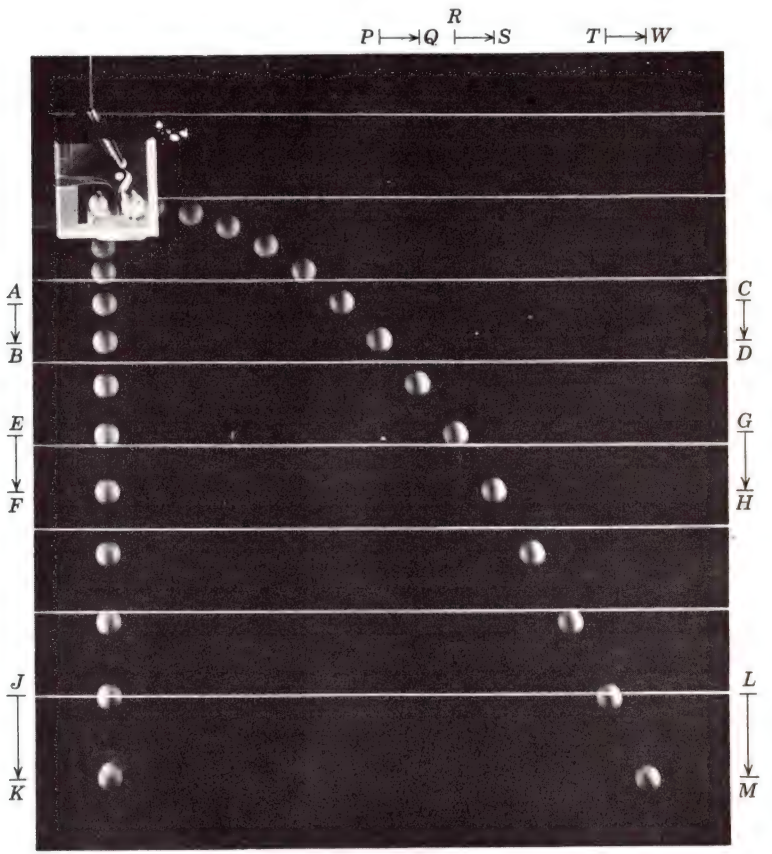


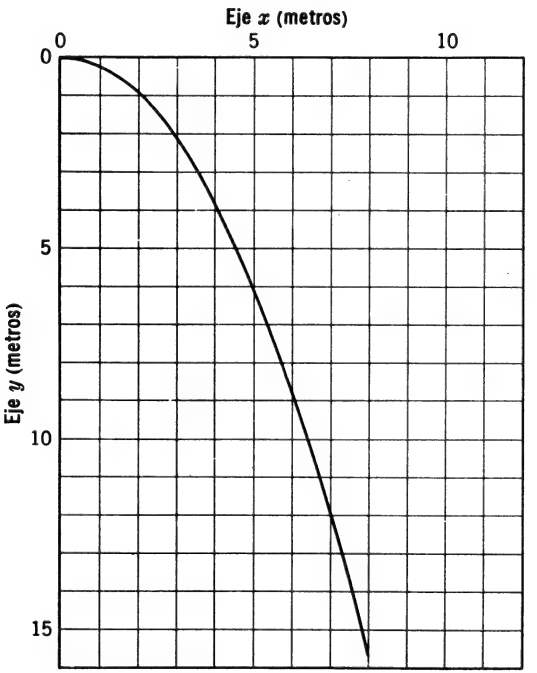
Fig. 3 Los vectores rotulados $\vec{g}_1$ representan el campo gravitacional en la superficie de la Tierra, que está aproximadamente a 6×10^6 m del centro. $\vec{g}_2$ y $\vec{g}_3$ representan, respectivamente, el campo gravitacional a 6×10^9 m y 6×10^{12} m

El mecanismo que aparece arriba a la izquierda en esta fotografía fue diseñado para liberar dos pelotas de golf en caída libre al mismo tiempo.



(Cortesía de Educational Services, Inc.)

La pelota izquierda fue soltada verticalmente; al mismo tiempo se le dio a la pelota derecha una velocidad horizontal de 2 m/seg. Esta es una ilustración compuesta de las fotografías tomadas a intervalos de $\frac{1}{20}$ de seg.



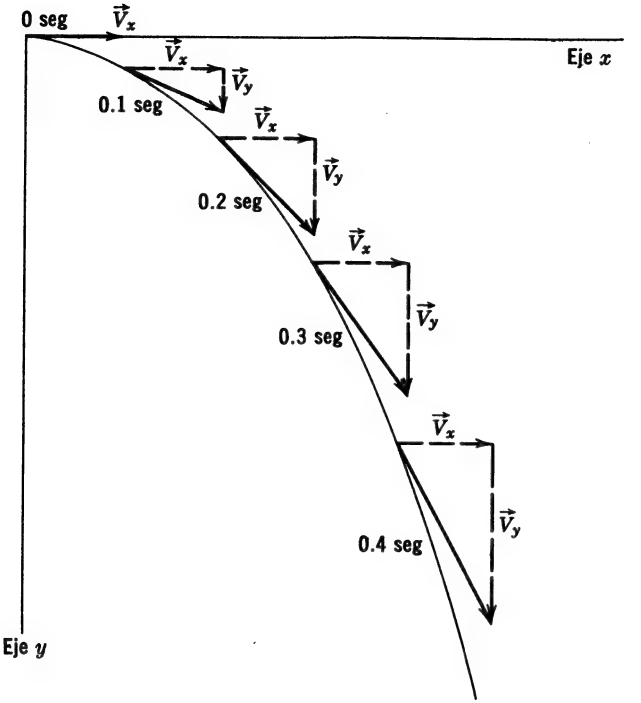
***Panel* 14**

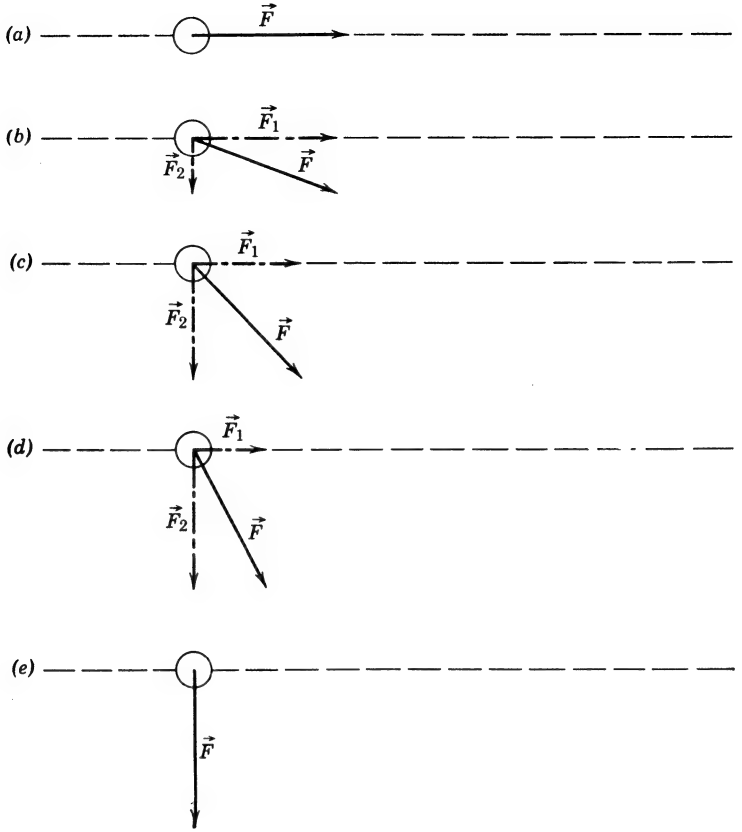
1. Una canica cae de una mesa.
   (*a*) ¿Con qué velocidad cae después del primer 0.3 seg?
   (*b*) ¿Qué altura recorrió en el mismo tiempo?

2. Una pelota de golf es lanzada horizontalmente desde el borde de un acantilado. Toca el suelo en 2.5 seg. Su velocidad inicial horizontal es 10 m/seg.
   (*a*) ¿Cuál es la componente vertical de la velocidad, cuando toca el suelo?
   (*b*) ¿A qué distancia de la base del acantilado toca el suelo?
   (*c*) ¿Qué altura tiene el acantilado?

3. El campo gravitacional en la superficie de la Luna es aproximadamente ⅙ del campo en la superficie de la Tierra. ¿Cuánto pesaría una masa de 100 kg en la Luna?

4. ¿Cuál es la masa de un objeto que pesa 49 newtons en la superficie de la Tierra?


0 seg
$\vec{V}_x$
Eje x
$\vec{V}_x$
$\vec{V}_y$
0.1 seg
$\vec{V}_x$
$\vec{V}_y$
0.2 seg
$\vec{V}_x$
$\vec{V}_y$
0.3 seg
$\vec{V}_x$
$\vec{V}_y$
0.4 seg
Eje y


(a)
$\vec{F}$
(b)
$\vec{F}_1$
$\vec{F}_2$
$\vec{F}$
(c)
$\vec{F}_1$
$\vec{F}_2$
$\vec{F}$
(d)
$\vec{F}_1$
$\vec{F}_2$
$\vec{F}$
(e)
$\vec{F}$

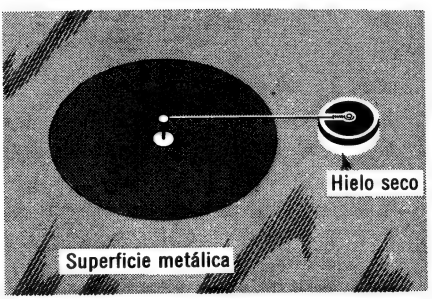


Fig. 1

Fig. 1. Este es un dispositivo para medir la fuerza centrípeta que actúa sobre una masa que se mueve en una trayectoria circular. El disco de hielo seco está en reposo, y el resorte del disco no está estirado.

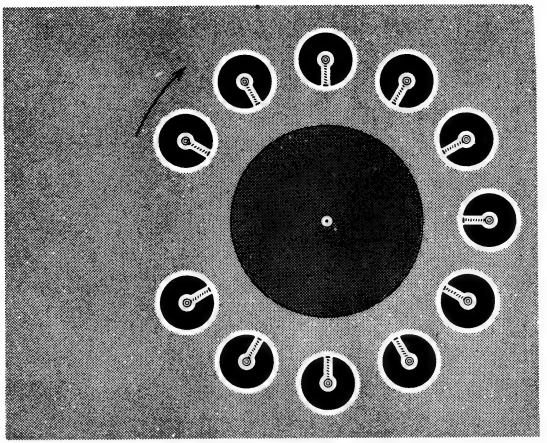


Fig. 2

Fig. 2. Aquí se ha puesto en movimiento el disco mostrado en la Fig. 1. Note que el resorte tiene el mismo alargamiento en todas las posiciones ilustradas. También observe que la dirección en que el resorte está extendido, ¡siempre hacia el centro de la trayectoria circular!

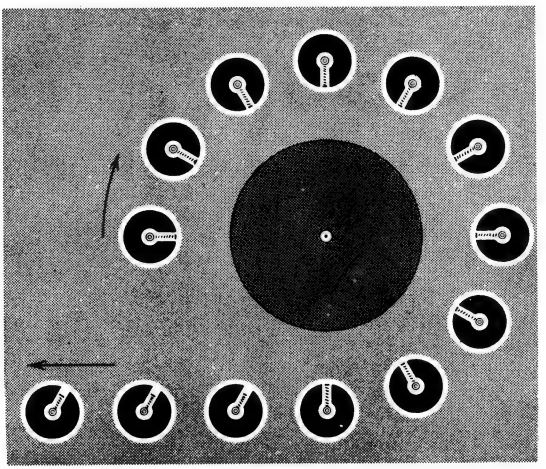


Fig. 3

Fig. 3. Cuando el disco llega a su posición en la parte inferior de la ilustración, la cuerda que lo jala para mantenerlo en la trayectoria circular fue quemada. Note que el disco, después de liberado, se mueve en línea recta, con la velocidad que tenía en el momento de quemar la cuerda.

Fig. *(a)*

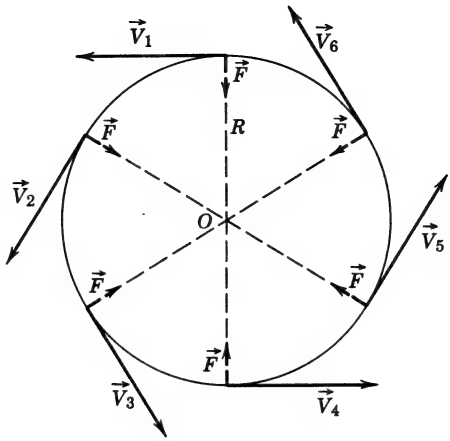


Fig. *(b)*

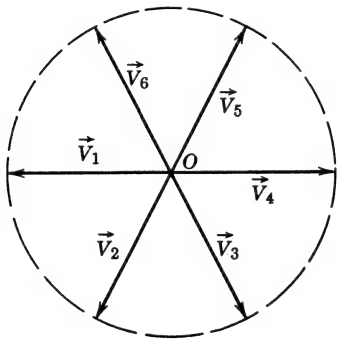
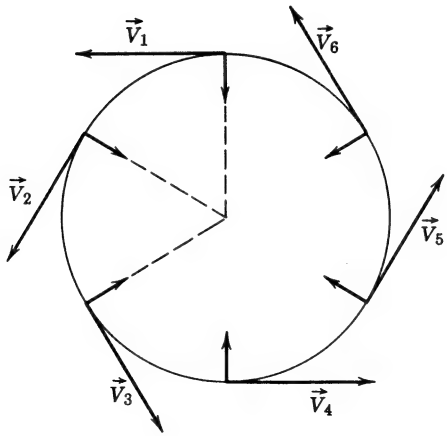


Fig. *(c)*



1. Se hace girar una piedra en un círculo horizontal, con rapidez constante. El radio de su trayectoria circular es 10 metros. La piedra da una vuelta completa alrededor de la trayectoria, cada 5 seg. ¿Con qué rapidez se mueve la piedra? (Use $\pi = 3.14$).

2. Un electrón que se mueve con una rapidez constante de 6.28×10^4 m/seg, es forzado a moverse en una trayectoria circular, mediante la aplicación de un campo magnético. Su período de revolución es de 2×10^{-2} seg. ¿Cuál es el radio de su trayectoria circular? (Use $\pi = 3.14$).

3. Una partícula alfa es atrapada en un campo magnético, provocando que se mueva en un círculo de 4 m de radio. Su rapidez constante es de 3.14×10^3 m/seg. Calcule su período de revolución. (Use $\pi = 3.14$).

4. Una partícula alfa es forzada a moverse en una trayectoria circular, al entrar en un fuerte campo magnético. Su rapidez es de 6×10^4 m/seg. El radio de su trayectoria circular es 3 m. Calcule la magnitud de su aceleración centrípeta.

5. Un electrón que se mueve con una rapidez de 4×10^6 m/seg es forzado a moverse en una trayectoria circular, debido a un campo magnético. ¿Cuál es el radio de su trayectoria, si su aceleración centrípeta es 8×10^8 m/seg^2?

6. Un protón se mueve en una trayectoria circular, bajo la influencia de un campo magnético externo. Calcule su rapidez, sabiendo que el radio de su trayectoria es 0.9 m, y su aceleración hacia el centro de la trayectoria circular es de 4×10^3 m/seg^2.

7. Una partícula alfa está en movimiento en una trayectoria circular, bajo la influencia de un campo magnético. El tiempo requerido para una vuelta alrededor de la trayectoria es de 3.14×10^{-2} seg. El radio de la trayectoria circular es de 2 m. Calcule la aceleración centrípeta.

8. Un electrón se mueve en una trayectoria circular en rapidez constante. La aceleración hacia el centro de la trayectoria es de 9×10^4 m/seg^2. El radio de la trayectoria es de 0.16 m. Calcule el período de revolución.

9. Un muchacho hace girar sobre su cabeza en un círculo horizontal, una piedra cuya masa es de 0.75 kg. La cuerda que usa tiene 1 m de largo. Suponiendo que la piedra se mueve con rapidez constante de 4 m/seg, calcule:

(*a*) La aceleración centrípeta.
(*b*) La fuerza centrípeta.

10. Se hace girar en un círculo un objeto con una masa de 0.05 kg, a razón de 3 revoluciones por seg. Si el radio del círculo es de 0.25 m, calcule:

(*a*) La aceleración centrípeta.
(*b*) La fuerza centrípeta.

11. Un electrón tiene una masa de 9.0×10^{-31} kg. Suponga que se le obliga a moverse en un círculo de 0.02 m de radio, con rapidez constante de 3.0×10^{6} m/seg. Calcule:

(*a*) La aceleración centrípeta.
(*b*) La fuerza centrípeta.
(*c*) El período de revolución.

12. Suponga que a un protón (masa = 1.6×10^{-27} kg) se le aplica la misma fuerza que se aplicó al electrón del problema 11. Encuentre:

(*a*) El radio de la trayectoria circular que tomará si se le hace girar con la misma rapidez que el electrón.
(*b*) La rapidez que debe tener, si la trayectoria que toma tiene el mismo radio de la trayectoria del electrón del problema 11.

13. El período del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra es aproximadamente de 2.0×10^{6} seg. La distancia entre los centros de la Tierra y de la Luna es aproximadamente de 4.0×10^{8} m.

(*a*) Calcule la magnitud de la aceleración de la Luna hacia la Tierra.
(*b*) Compare ésta aceleración con la magnitud del campo gravitacional que hay en la superficie de la Tierra o cerca de ella.

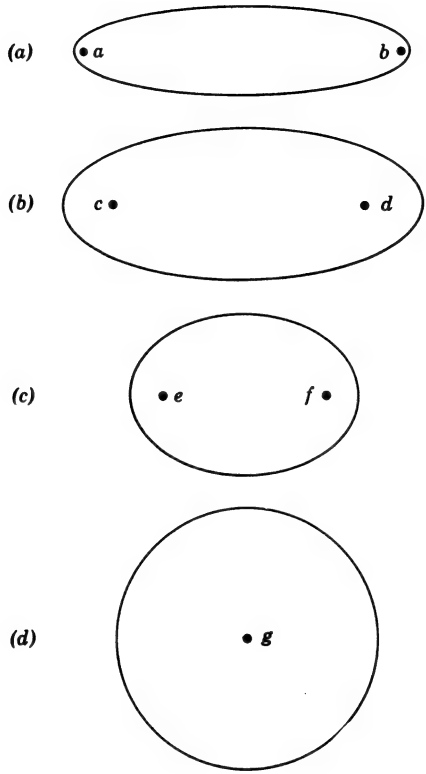
14. (*a*) Calcule la rapidez de un satélite terrestre que tiene una órbita circular a una distancia de 7.0×10^{6} m desde el centro de la Tierra. ¿Es el campo gravitacional en este punto de 9.0 m/seg^2 (es decir, $g = 9.0$ m/seg^2)?
(*b*) ¿Cuál será el período de revolución de tal satélite? (Use $\pi = 3.14$).

15. ¿A qué altura sobre la superficie de la Tierra tendrá un cohete la mitad del peso que tiene al nivel del mar? El radio de la Tierra es de 6.4×10^{6} m. (Use $G = 6.67 \times 10^{-11}$ netwon-m^2/kg^2).

16. Calcule el peso que una masa de 100 kg tiene a una altura de 19.2×10^{6} m sobre la superficie de la Tierra.

17. Un joven de 80 kg está a 2 m de una joven de 50 kg. Calcule la atracción *gravitacional* entre ellos.

18. Un satélite terrestre da una vuelta a la Tierra cada 98 minutos, a una altura media de 500 km. Calcule la masa de la Tierra, a partir de estos datos. (Use 6.4×10^{6} m como radio de la Tierra).


(a)
a
b
(b)
c
d
(c)
e
f
(d)
g

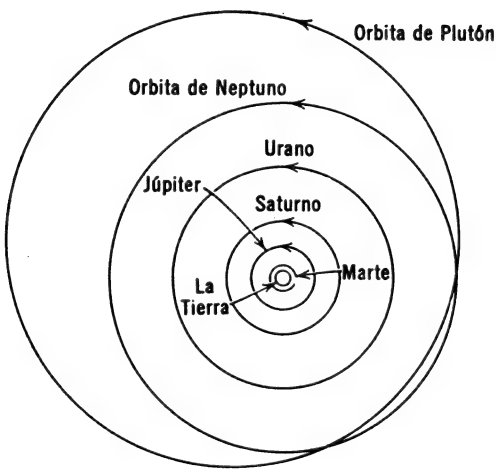


Fig. 1. Esta figura ilustra las órbitas de algunos planetas; no incluye las órbitas de Mercurio y Venus. Las órbitas de Mercurio y Plutón son las más elípticas y menos circulares de las órbitas planetarias.

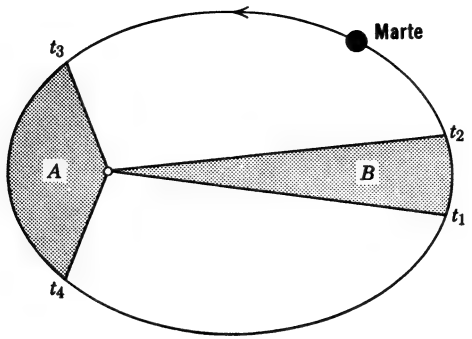
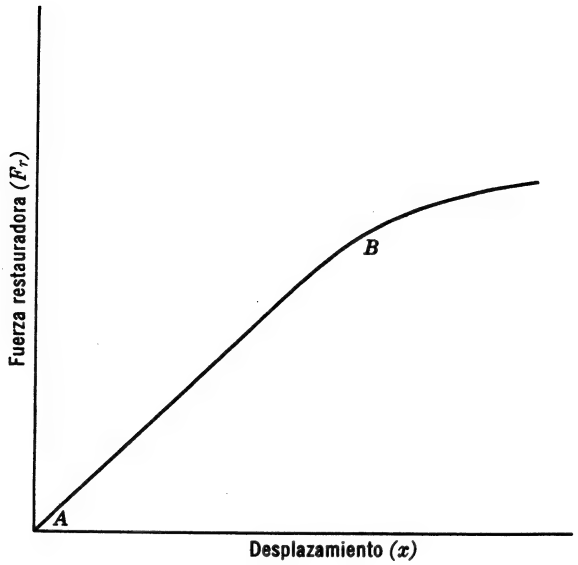


Fig. 2. Esta figura ilustra la ley de Kepler de las áreas iguales. Marte recorre su órbita con rapidez variable. Alcanza su rapidez máxima cuando está más cercana al Sol. En intervalos de tiempo iguales, las áreas barridas por una línea que una al Sol con el planeta, son iguales entre sí.

Planeta	Radio medio (R) de la órbita (metros)	Período de revolución (T) (segundos)	$\frac{R^3/T^2}{\text{metros}^3/\text{segundos}^2}$
Mercurio	5.79×10^{10}	7.60×10^{6}	3.354×10^{18}
Venus	1.08×10^{11}	1.94×10^{7}	3.352×10^{18}
La Tierra	1.49×10^{11}	3.16×10^{7}	3.354×10^{18}
Marte	2.28×10^{11}	5.94×10^{7}	3.354×10^{18}
Júpiter	7.78×10^{11}	3.74×10^{8}	3.355×10^{18}
Saturno	1.43×10^{12}	9.30×10^{8}	3.353×10^{18}
Urano	2.87×10^{12}	2.66×10^{9}	3.341×10^{18}
Neptuno	4.50×10^{12}	5.20×10^{9}	3.370×10^{18}
Plutón	5.9×10^{12}	7.82×10^{9}	3.358×10^{18}


Fuerza restauradora (F_r)
B
A
Desplazamiento (x)

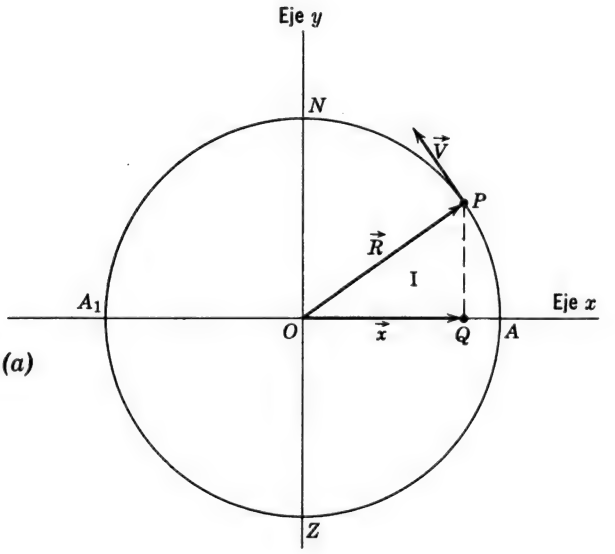

Eje y
N
$\vec{V}$
P
$\vec{R}$
I
A_1
Eje x
O
$\vec{x}$
Q
A
Z

Fig. *(a)*

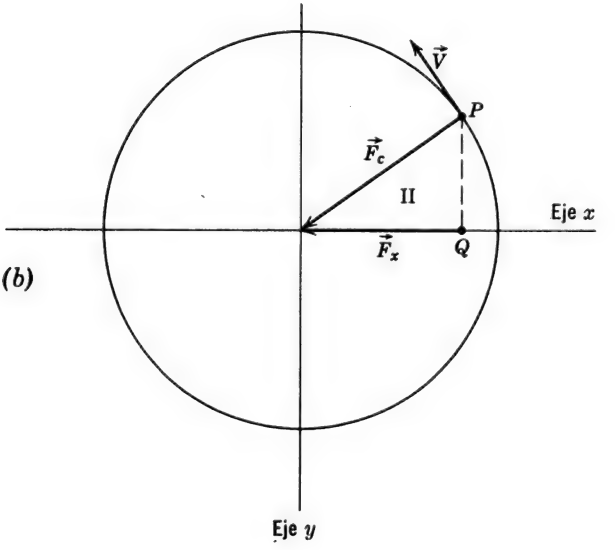
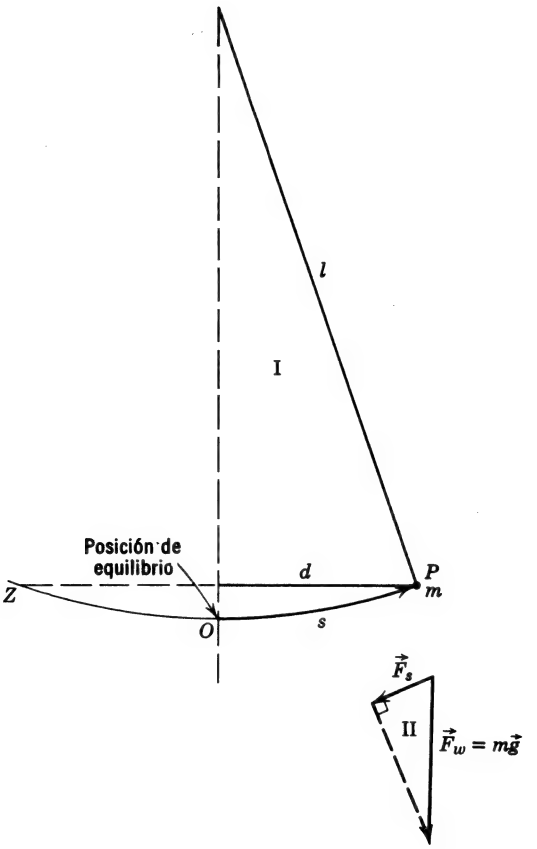

$\vec{V}$
P
$\vec{F}_c$
II
Eje x
$\vec{F}_x$
Q
Eje y

Fig. *(b)*


l
I
Posición de equilibrio
d
P
m
Z
O
s
$\vec{F}_s$
II
$\vec{F}_w = m\vec{g}$

(Cuando sea necesario, use $\pi = 3.14$)

1. Una masa de 4 kg está unida a un resorte que pende de un soporte rígido. La masa estira al resorte 0.16 m.

(*a*) ¿Cuál es la constante de fuerza del resorte, suponiendo que el peso de la masa de 4 kg no sobrepasa su límite elástico?

(*b*) Si la masa se hace oscilar de arriba a abajo, ¿cuál será el período del M.A.S.?

2. La amplitud de una partícula en M.A.S. es de 0.20 m. El período del M.A.S. es de 0.5 seg.

(*a*) Calcule la aceleración máxima de la partícula.

(*b*) Calcule la rapidez máxima de la partícula.

3. Una masa pequeña se mueve con M.A.S. Si tiene una amplitud de 1 cm, y un período de 0.01 seg:

(*a*) Calcule su aceleración máxima.

(*b*) Calcule su rapidez máxima.

4. Una masa de 0.09 kg está en M.A.S. en el extremo de un resorte. La constante del resorte es de 10^4 newton/m. La amplitud del movimiento es de 0.01 m.

(*a*) Calcule la aceleración, cuando el desplazamiento es 0.005 m hacia abajo.

(*b*) Calcule la aceleración, cuando el desplazamiento es 0.004 m hacia arriba.

(*c*) Calcule la aceleración máxima.

5. Un péndulo simple cuya masa es de 50 kg, tiene 30 m de largo y una amplitud de 10 cm. Calcule su período.

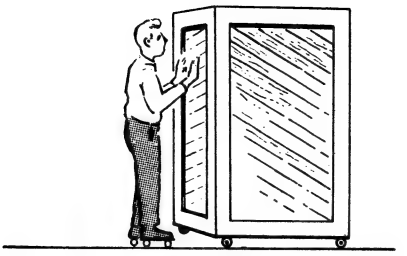


Fig. *(a)*

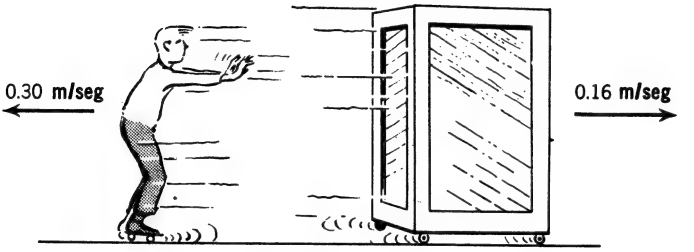
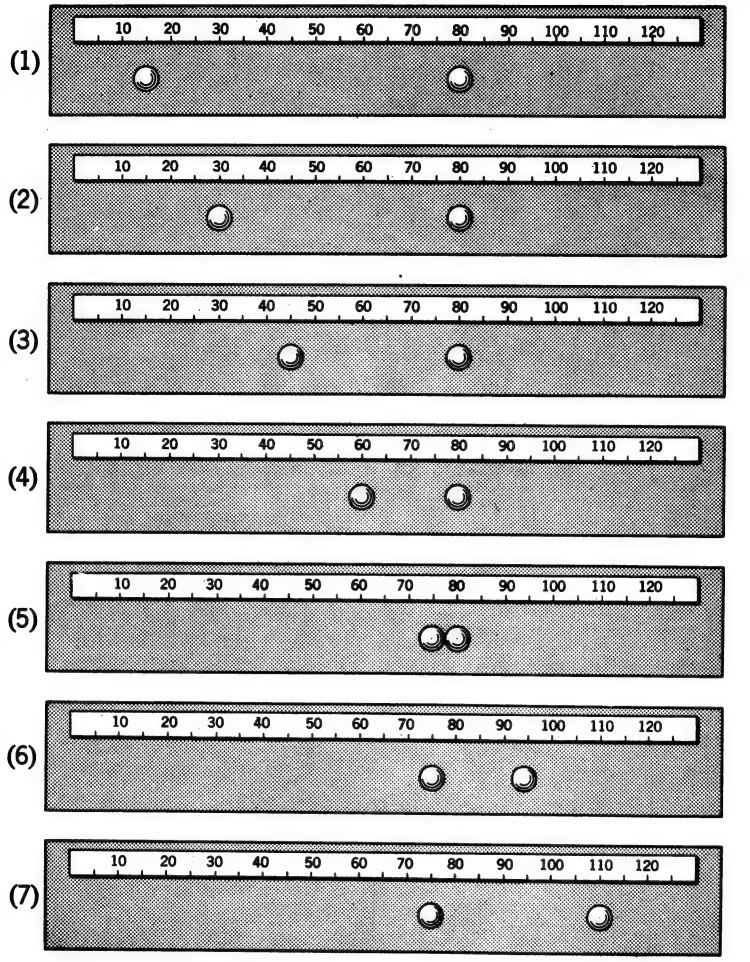


Fig. *(b)*

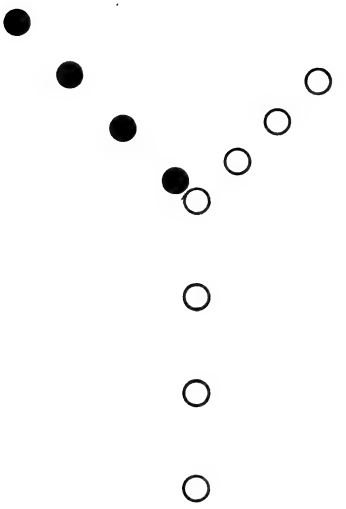
Masa del muchacho = 40 kg = m_2
Masa de la caja = 75 kg = m_1



Esta serie de ilustraciones se dibujó de las fotografías de un experimento realizado en el laboratorio. Dos bolas de billar con masas iguales, interaccionan *frontalmente*. Un choque frontal es aquel en el cual el movimiento antes y después de la interacción tiene lugar a lo largo de una trayectoria rectilínea que pasa por los centros de las masas.

Las fotografías fueron tomadas a intervalos de tiempo de $\frac{1}{10}$ seg desde arriba. La escala métrica se usa para determinar la distancia que recorre cada bola, en cada intervalo de $\frac{1}{10}$ seg. Al principio, la bola izquierda está en movimiento y la bola derecha está en reposo. La superficie está nivelada y bien pulida para que la fricción sea despreciable.

B



Esta es una ilustración de un experimento llevado a cabo en el laboratorio, sobre una superficie nivelada de baja fricción y fotografiado cada $\frac{1}{10}$ de seg desde arriba. Una bola de billar entra por la parte inferior de la ilustración, con una velocidad de 25 cm/seg, y sufre un choque lateral contra la bola de billar negra, que estaba en reposo antes de la interacción. Cada bola tiene una masa de 0.1 kg. Después del choque ambas bolas se alejan en distintas direcciones. Medidas precisas han demostrado que, después de la interacción, el ángulo entre sus trayectorias es de 90°. La rapidez de la bola negra y la bola blanca, después de la interacción, son, respectivamente de 20 cm/seg y 15 cm/seg.

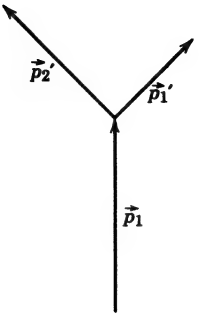


Fig. *(a)*

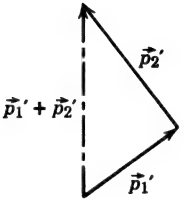


Fig. *(b)*

(Cortesía de Educational Services, Inc.)

Esta es una fotografía de destello múltiple de un choque entre dos bolas, entrando ambas, antes de la interacción, por la parte superior de la ilustración. La masa de la bola izquierda es aproximadamente 0.2 kg; la masa de la bola derecha es aproximadamente 0.09 kg.

Fig. *(a)*

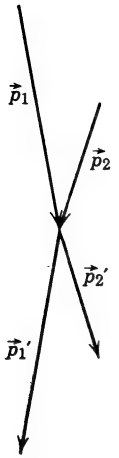


Fig. *(b)*

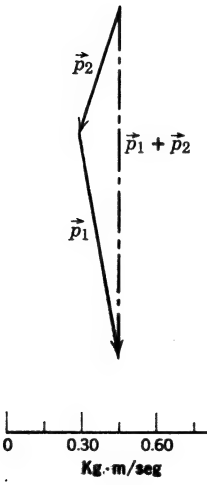
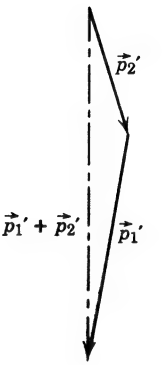
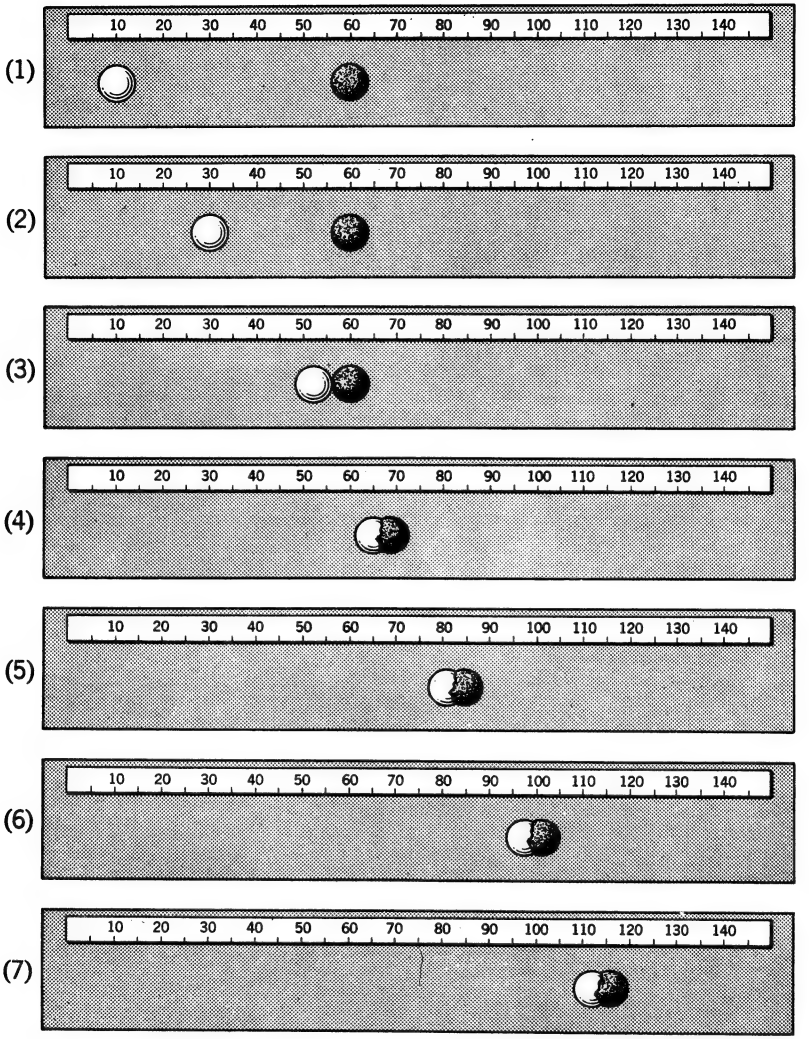


Fig. *(c)*




(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
(7)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140

1. Dos masas, una de 10 kg y la otra de 2 kg, están en reposo, muy cerca una de la otra, en una superficie nivelada y sin fricción. Súbitamente interaccionan, y la masa de 2 kg se mueve hacia el Norte a una rapidez de 5 m/seg.

(*a*) ¿Cuál es la cantidad de movimiento de la masa de 10 kg, después de la interacción?

(*b*) ¿A qué velocidad se mueve la masa de 10 kg, después de la interacción?

(*c*) ¿Qué impulsión se le da a cada masa durante la interacción?

(*d*) Suponga que el intervalo de tiempo durante el cual interaccionan las masas es 0.01 seg. Calcule la fuerza media que produce el cambio en la cantidad de movimiento de la masa de 2 kg.

2. Una masa $m_1 = 6$ kg se mueve en una superficie pulida, a nivel y sin fricción, a 2 m/seg hacia el Oeste, cuando tiene un choque central con una masa igual, m_2, en reposo.

(*a*) ¿Cuál es la cantidad de movimiento total del sistema después de la interacción?

(*b*) ¿Cuál es la cantidad de movimiento de m_2 después de la interacción?

(*c*) ¿Cuál es la velocidad de m_2 después de la interacción?

(*d*) Suponiendo que m_1 y m_2 están en contacto durante 0.05 seg en la interacción, ¿cuál es la fuerza total media aplicada a m_2 por m_1, durante ese tiempo?

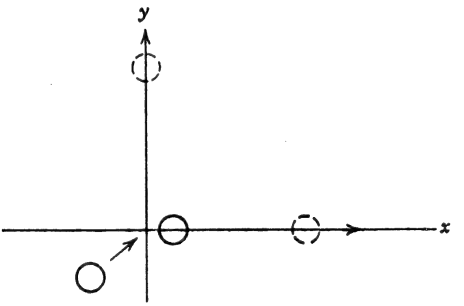
3. Un carro de ferrocarril de juguete, que pesa 1 kg, rueda a lo largo de una vía recta, nivelada y sin fricción, a 8 m/seg hacia el Norte, cuando choca y se engancha con otro carro de masa igual y moviéndose en la misma vía, a 10 m/seg hacia el Sur.

(*a*) ¿Cuál es la cantidad de movimiento total, antes de la interacción?

(*b*) ¿Cuál es la cantidad de movimiento total, después de la interacción?

(*c*) ¿Cuál es la velocidad de los dos carros acoplados después de la interacción?

4. Un protón, cuya masa es de 1.67×10^{-27} kg, se mueve hacia arriba con una velocidad de 25×10^{6} m/seg, cuando choca con otra partícula inicialmente en reposo en el eje x. Después de la interacción, el protón se encuentra en movimiento a 24×10^{6} m/seg hacia arriba, sobre el eje y, y la otra partícula se mueve a lo largo del eje x, como se indica en la figura.



5. Un protón que se mueve a 5×10^{6} m/seg choca con un deuterón en reposo y rebota, tomando de nuevo su misma trayectoria, a 1×10^{6} m/seg. El deuterón se halla en movimiento, con una rapidez de 3×10^{6} m/seg en dirección opuesta. Si la masa de un protón es de 1.67×10^{-27} kg, calcule la masa de un deuterón, basándose en este experimento.

6. Un rifle con una masa de 2.5 kg está suspendido en tal forma, que puede moverse libremente en dirección horizontal; dispara bolas de 0.001 kg de masa, con una rapidez de 500 m/seg. El arma retrocede al dispararla. Calcule la rapidez de retroceso del rifle.

7. Un cohete de 25,000 kg está entrando en reposo en un punto del espacio exterior, donde la fuerza gravitacional total de otras masas sobre él, es muy pequeña. De su masa, 20,000 kg son de combustible. Este combustible es encendido y expulsado como gases de escape, con una rapidez media de 800 m/seg. Calcule la rapidez del cohete al consumirse todo su combustible.

8. Una carretilla de 1 kg se mueve sobre una superficie sin fricción, con una rapidez uniforme de 2 m/seg, cuando se deja caer verticalmente sobre ella, un ladrillo de 2 kg. Calcule la rapidez de la carretilla y el ladrillo moviéndose juntos después de esta interacción.

Fig. 1

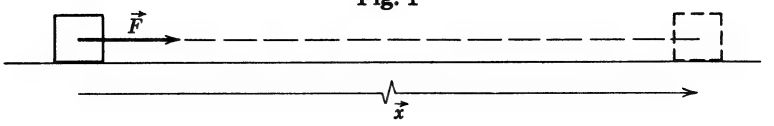


Fig. 2

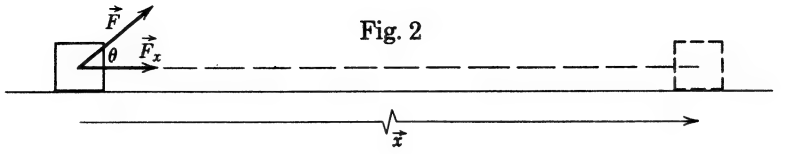


Fig. 3

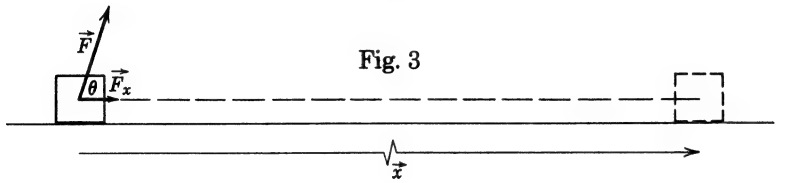


Fig. 4

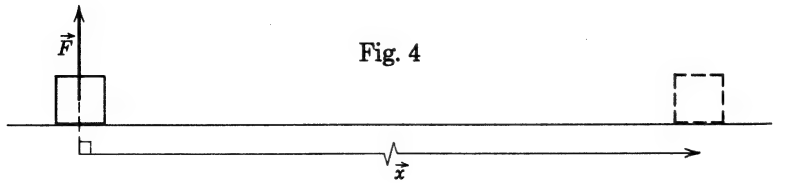


Fig. 5

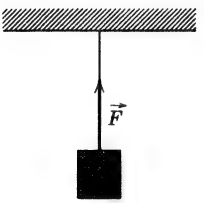
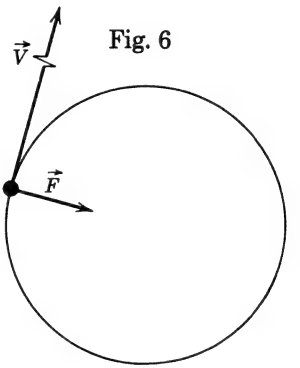


Fig. 6



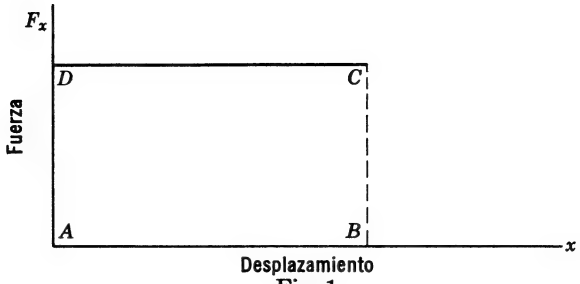


Fig. 1

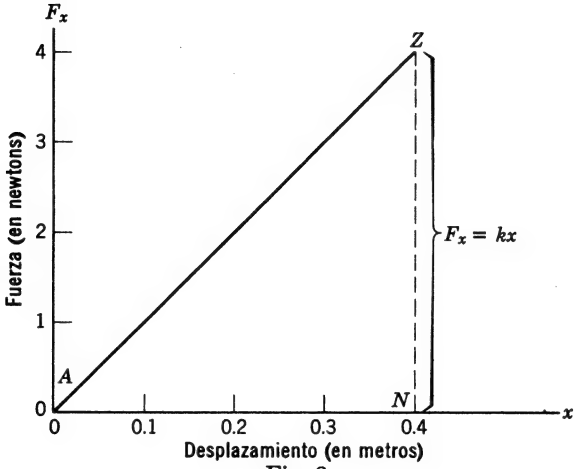


Fig. 2

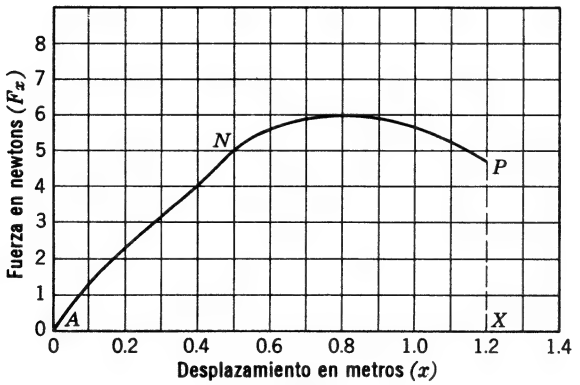
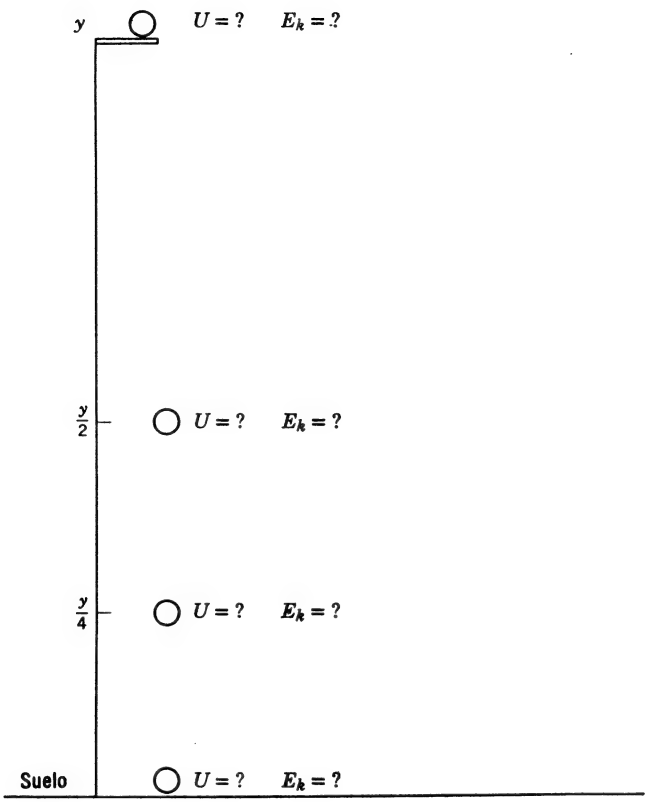


Fig. 3


y
U = ?
E_k = ?
y/2
U = ?
E_k = ?
y/4
U = ?
E_k = ?
Suelo
U = ?
E_k = ?

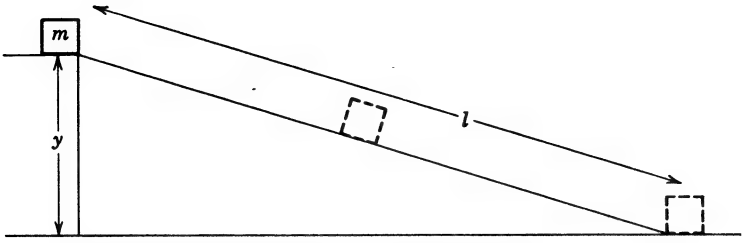


Fig. 1

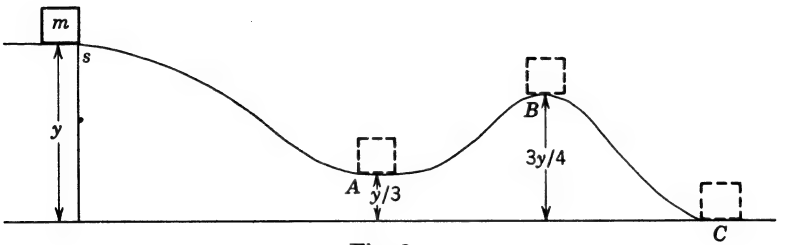
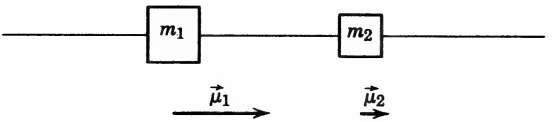
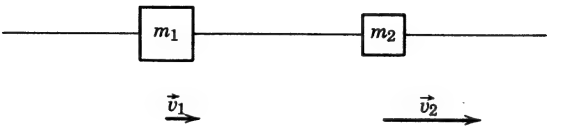


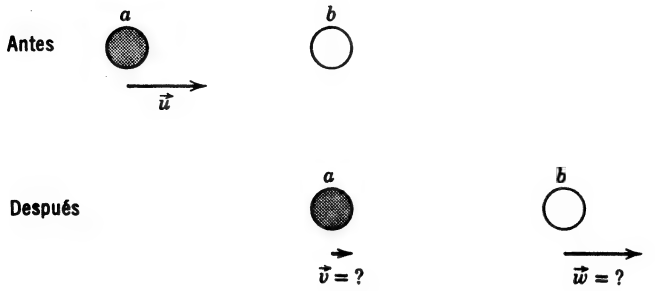
Fig. 2

Antes de la interacción

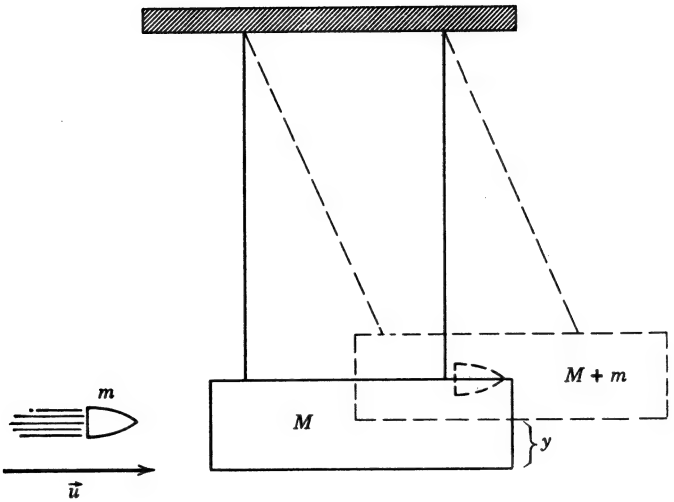


Después de la interacción




Antes
a
b
$\vec{u}$
Después
a
b
$\vec{v} = ?$
$\vec{w} = ?$

A



1. Un blqoue de madera de 2 kg cuelga como péndulo, en el extremo de una larga cuerda. Cuando se dispara una bala de 0.01 kg a corta distancia y se incrusta en el bloque, éste oscila hasta una altura de 20 cm sobre su posición en reposo.
   (*a*) Calcule la rapidez de disparo de la bala.
   (*b*) ¿Cuánta energía cinética se pierde en la interacción?

2. Una masa de 10 kg que está moviéndose a 30 m/seg y choca frontalmente con otra masa, de 20 kg, que se mueve en la misma dirección con una rapidez de 15 m/seg. Después de la interacción, la masa de 10 kg se mueve en la misma dirección, con una rapidez de 14 m/seg.
   (*a*) Calcule la rapidez de la masa de 20 kg después del choque.
   (*b*) Determine si esta interacción es o no es elástica, o inelástica.

3. Una bola de marfil con una masa de 0.2 kg, se mueve con una rapidez de 3.0 m/seg. Choca con otra bola de marfil de igual masa y tamaño, que está en reposo. Después del choque, la rapidez de la primera bola es de 0.15 m/seg.
   (*a*) Calcule la rapidez que tiene la segunda bola después de la interacción.
   (*b*) Calcule la energía cinética perdida en la interacción.

4. Suponga que $m_1 = 1$ kg y $m_2 = 0.2$ kg, y que sus rapideces son, respectivamente, 50 m/seg y 5 m/seg, antes de ocurrir un choque central entre ellas. Suponga que m_1 y m_2 constituyen un sistema aislado y que su interacción es perfectamente elástica. Encuentre las rapideces u y v de m_1 y m_2 después del choque. (Suponga que m_1 y m_2 se mueven como se muestra en el panel 39).

PROTECTOR PARA OCULTAR

PARTE 1: *Mecánica*

SIMBOLOS USADOS EN EL TEXTO:

$=$	igual a	$\propto$	proporcional a
$\neq$	diferente de	$\rightarrow$	tiende a (v.g.: cuando $x \rightarrow 0$, $y \rightarrow 3$)
$\approx$	aproximadamente igual a	$\bar{x}$	valor medio de x
$>$	mayor que	Δx	cambio en el valor de x
$<$	menor que	∞	infinito, infinitamente grande; aumentando sin límite.

CONSTANTES FISICAS:

1 metro = 39.37 pulgadas

1 newton $\approx$ 0.2 libra

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{nt—m}^2}{\text{kg}^2}$$

$g = 9.80 \text{ m/s}^2$

CONSTANTES NUMERICAS:

$\pi = 3.14$

$\sqrt{2} = 1.414$

$\sqrt{3} = 1.732$

$\sqrt{5} = 2.236$

FORMULAS MATEMATICAS:

Fórmula cuadrática

Si: $ax^2 + bx + c = 0$,

entonces: $x = \dfrac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

Variación directa simple:

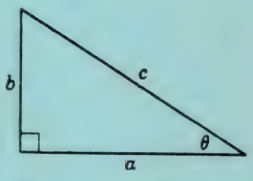
$y = kx$

Variación inversa simple:

$xy = k$

Teorema de Pitágoras:

$c^2 = a^2 + b^2$



Funciones trigonométricas

$$\text{sen } \theta = \frac{b}{c}$$

$$\cos \theta = \frac{a}{c}$$

$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$

FORMULAS DE FISICA:

Distancia: $d = \bar{v}\ \Delta t$

Aceleración media: $\bar{a} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

Movimiento uniformemente acelerado:

$\Delta v = a\ \Delta t$

$v_2^2 - v_1^2 = 2ad$

$d = v_1\ \Delta t + \frac{1}{2}a(\Delta t)^2$

Segunda ley de Newton:

$$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a} = m\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Gravitación universal:

$$F_g = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Tercera ley de Kepler:

$$\frac{R^3}{T^2} = k$$

Aceleración centrípeta:

$$a_c = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{v^2}{R}$$

$$F_c = ma_c = m\left(\frac{4\pi^2 R}{T^2}\right) = \frac{mv^2}{R}$$

Movimiento armónico simple:

Constante de fuerza $k = \dfrac{F}{x}$

$$\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Impulsión $= \vec{F}_{\text{total}}\ \Delta t$

Impulso: $\vec{p} = m\vec{v}$

Trabajo $= \vec{F} \cdot \vec{x} = Fx\cos\theta$

Energía cinética $= \frac{1}{2}mv^2$

Energía potencial de posición $= mgh$

Energía potencial elástica $= \frac{1}{2}kx^2$

Energía potencial gravitacional:

$$U_g = -\frac{GMm}{r}$$

Versión autorizada en español de la
tercera reimpresión, noviembre 1966, publicada
en inglés, por John Wiley & Sons,
Inc., N. Y., bajo el título
PROGRAMMED PHYSICS PART I: *Mechanics*

© 1965 JOHN WILEY & SONS, INC., N. Y.

Versión española:
DR. MELCHOR RODRIGUEZ CABALLERO
Profesor Titular de la División de Estudios Superiores
de la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de México.

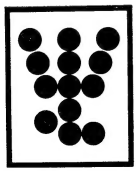
Colaborador:
OSCAR WECKMANN MUÑOZ

Revisión:
DR. FRANCISCO MEDINA NICOLAU
Investigador del Instituto de Física de la
Universidad Nacional Autónoma de México
Asesor Técnico de la Comisión Nacional
de Energía Nuclear.

Derechos reservados en lengua española
© 1969, EDITORIAL LIMUSA-WILEY, S. A.
Arcos de Belem núm. 75, México 1, D. F.
Miembro de la Cámara Nacional de la
Industria Editorial, Registro núm. 121.

Primera edición: 1969

Impreso en México
[264]



Serie Limusa Wiley de
LIBROS PROGRAMADOS

DIRECTOR

MELCHOR RODRIGUEZ CABALLERO

DOCTORADO EN INGENIERIA EN EL
INSTITUTO TECNOLOGICO DE MASSACHUSETTS

Esta obra se terminó de imprimir el día 30 de octubre de 1969 en los talleres de Unión Gráfica, S. A., Av. División del Norte, 1521, México 13, D. F.
La edición consta de 3,000 ejemplares más sobrantes para reposición.
L. 90

OBRAS AFINES

FISICOQUIMICA

Eggers, Gregory,
Halsey y Rabinovitch

FUNDAMENTOS DE FISICOQUIMICA
Maron y Prutton

FISICA FUNDAMENTAL
Orear, Jay

EXPERIMENTOS DE FISICOQUIMICA
Urquiza

EJEMPLAR Nº 237

He aquí el volumen inicial del primer texto completo de instrucción programada de física para estudiantes de primer año de profesional o del último año de preparatoria. En preparación durante cuatro años, este programa ha sido desarrollado cuidadosamente por sus autores a través de un proceso de constantes revisiones, basado en la información recabada de los estudiantes que lo han probado en clase con excelentes resultados.

Este texto capacitará al estudiante para dominar las materias básicas de la física, guiándolo al ritmo más adecuado mediante incrementos de información ordenados correctamente. Lo induce a participar activamente en las experiencias del aprendizaje, contestando preguntas, resolviendo problemas y verificando inmediatamente sus respuestas.

El presente volumen es el primero de un programa dividido en cinco partes, que incluye Electricidad y Magnetismo (Vol. II), Optica y Ondas (Vol. III), Teoría Cinética y Termodinámica (Vol. IV) y Tópicos de la Física Moderna (Vol. V).

Serie Limusa Wiley de
LIBROS PROGRAMADOS